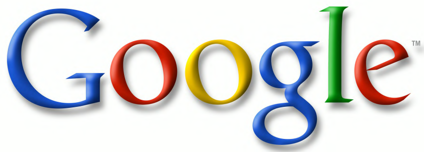
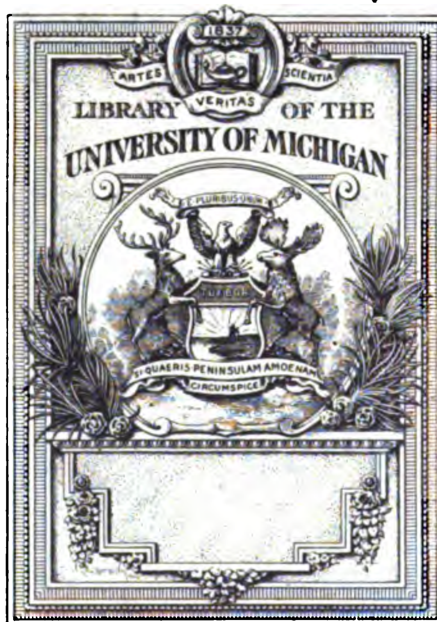



A 3 9015 00385 028 9
University of Michigan – BUHR


1837
ARTES
SCIENTIA
VERITAS
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
E PLURIBUS UNUM
TUEBOR
SI QUAERIS PENINSULAM AMOENAM
CIRCUMSPICE

ANNALES

DES MINES

Les **Annales des Mines** sont publiées sous les auspices de l'Administration des Mines et sous la direction d'une commission spéciale, nommée par le Ministre des travaux publics. Cette commission, dont font partie le directeur des routes, de la navigation et des mines et le directeur du personnel et du secrétariat, est composée ainsi qu'il suit :

L'Administration a réservé un certain nombre d'exemplaires des **Annales des Mines** pour être envoyés, soit, à titre de don, aux principaux établissements nationaux et étrangers, consacrés aux sciences et à l'art des mines, soit à titre d'échange, aux rédacteurs des ouvrages périodiques, français et étrangers, relatifs aux sciences et aux arts.

Les lettres et documents concernant les **Annales des Mines** doivent être adressés, *sous le couvert de M. le Ministre des travaux publics*, à M. l'ingénieur en chef, secrétaire de la commission des **Annales des Mines**.

Les auteurs reçoivent *gratis* 20 exemplaires de leurs articles.

Ils peuvent faire faire des tirages à part, à raison du 9 francs par feuille jusqu'à 50, 10 francs de 50 à 100, et 5 francs en plus pour chaque centaine ou fraction de centaine à partir de la seconde. — Le tirage à part des planches est payé sur mémoire, aux prix de revient.

La publication des **Annales des Mines** a lieu par livraisons, qui paraissent tous les deux mois.

Les six livraisons annuelles forment trois volumes, dont deux consacrés aux matières scientifiques et techniques, et un consacré aux actes administratifs et à la jurisprudence. Ils contiennent ensemble 90 feuilles d'impression et 24 planches gravées environ.

Le prix de l'abonnement est de 20 francs pour Paris, de 24 francs pour les départements et de 28 francs pour l'étranger.

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

ANNALES
DES MINES

OU

RECUEIL

DE MÉMOIRES SUR L'EXPLOITATION DES MINES

ET SUR LES SCIENCES ET LES ARTS QUI S'Y RATTACHENT,

RÉDIGÉES ET PUBLIÉES

SOUS L'AUTORISATION DU MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS.

HUITIÈME SÉRIE

MÉMOIRES. — TOME VI.

PARIS

V^{VE} CH. DUNOD, ÉDITEUR

LIBRAIRE DES CORPS NATIONAUX DES PONTS ET CHAUSSÉES, DES MINES
ET DES TÉLÉGRAPHES,

Quai des Augustins, n° 49

—

1884



ANNALES
DES MINES

NOTE
CONCERNANT L'EMPLOI DES CAGES GUIDÉES
POUR LA CIRCULATION DES HOMMES.

Les cages guidées, qui, dans la plupart des puits des houillères importantes, servent au transport des bennes d'extraction, servent très fréquemment aussi, comme l'on sait, à la descente et à la montée des mineurs. Il convient alors de prendre des précautions contre les dangers auxquels s'exposent les hommes si, par inadvertance, ils se placent de telle façon que leur tête ou un de leurs membres fasse saillie en dehors de l'appareil mobile.

L'intervalle est, en effet, d'ordinaire très petit entre les deux cages au point de rencontre, et leurs faces latérales passent près des pièces de bois qui maintiennent les guides. D'autre part, les fers croisés par lesquels on consolide les montants et les plafonds de chaque cage laissent entre eux d'assez larges vides.

Un certain nombre d'accidents sont résultés de cette

cause. Notamment un ouvrier de la mine d'Ahun a eu, le 10 avril 1884, le crâne atteint par la cage descendante.

Le moyen d'éviter ces accidents est d'exécution facile. Il suffit de munir à l'arrière et latéralement les parois des cages de tôles perforées ou de treillis à mailles assez étroites. Bon nombre d'exploitants l'ont appliqué, et il serait utile qu'il fût généralisé.

NOTICE

SUR DIVERSES MODIFICATIONS INTRODUITES DANS LE MÉCANISME DES MACHINES LOCOMOTIVES

Par M. Th. RICOUR, Ingénieur en chef des Ponts et Chaussées.

EXPOSÉ.

Depuis vingt-cinq ans, si l'on excepte l'injecteur Giffard et l'appareil à contre-vapeur, la machine locomotive a reçu peu de modifications essentielles : les dimensions, la puissance et le poids ont augmenté, mais on peut dire d'une manière générale que le mécanisme est resté le même dans son ensemble.

On pourrait être tenté de conclure de là, avec quelques ingénieurs, que la locomotive est arrivée du premier coup à un tel degré de perfection que le rendement a atteint son maximum, et que, dès lors, toute recherche d'amélioration est condamnée d'avance à l'insuccès.

Cependant un examen attentif fait promptement reconnaître que *pendant la marche avec régulateur fermé*, la locomotive actuelle est soumise à des causes d'usure et de détérioration qui ne se retrouvent pas dans la machine fixe.

Cet examen fera l'objet d'un *premier chapitre* du présent mémoire.

Dans cet ordre d'idées et de faits, une amélioration considérable peut être réalisée d'une manière très simple par l'application de soupapes de rentrée d'air sur les boîtes de distribution de vapeur.

Cette amélioration est complétée par la suspension des tiroirs.

Le fonctionnement de la machine ainsi modifiée fera l'objet d'un *deuxième chapitre*.

Enfin un *troisième chapitre* fera connaître les résultats obtenus pratiquement.

CHAPITRE Ier.

MACHINES ACTUELLES.

Inconvénients de la marche avec régulateur fermé.

Un coup d'œil rétrospectif sur les inconvénients qu'offrait autrefois la marche à contre-vapeur fera saisir clairement les inconvénients de nature analogue que nous voulons mettre en évidence.

Marche à contre-vapeur. — Aspiration de gaz chauds (Pl. I, *fig.* 1). — Lorsqu'on bat contre-vapeur, à fond de course, une aspiration énergique se produit dans la cheminée au moment précis où le tiroir TT (Pl. I, *fig.* 1) découvre l'orifice E du côté de l'échappement. Autrefois l'air chaud et les gaz chargés de cendres, puisés dans la boîte à fumée, se précipitaient dans le cylindre M et y produisaient les plus grands désordres; personne n'ignore que l'emploi de la contre-vapeur n'est devenu pratique que le jour où

ces gaz ont été remplacés par un mélange de vapeur et d'eau injecté dans les conduits de l'échappement.

Cette injection à transformé la locomotive en *générateur de chaleur :* le travail de la pesanteur sur les pentes a pu, en quelque sorte, être refoulé dans la chaudière, sous forme de calories (*).

Marche avec régulateur fermé. — Aspiration de gaz chauds (Pl. I, *fig.* 2). — Quelque chose d'analogue se passe, lorsqu'au lieu de battre contre-vapeur, le mécanicien se contente de fermer le régulateur et de pousser le levier de changement de marche à fond de course.

En effet, dans cet ordre de marche, le vide tend à se produire en M derrière le piston (Pl. I, *fig.* 2) pendant la période qui correspond à l'admission. Ce vide se transmet dans la boîte à distribution BB : le tiroir TT sous l'influence de la pression atmosphérique se soulève légèrement dans son cadre et livre passage aux gaz chauds de la boîte à fumée, lesquels se précipitent aussitôt dans le boîte BB et de là dans le cylindre en M.

Pendant la période de détente, les gaz se raréfient et une nouvelle aspiration plus violente se produit directement dans la cheminée au moment où le tiroir TT découvre l'orifice E du côté de l'échappement. Cette seconde aspiration correspond à un volume beaucoup moindre. — Pour un cylindre de 100 litres, par exemple, la première période d'aspiration correspond à elle seule à un volume de 65 à 70 litres.

Les gaz aspirés sont refoulés vers la cheminée pendant la

(*) Voir : *Ann. des Mines* (Emploi régulier de la contre-vapeur), 6e série, t. X, 1866.

Ann. des Ponts et Chaussées (Tube d'inversion ou la machine locomotive transformée en générateur de chaleur), t. XVII, 1868.

*Couche V*e, Matériel roulant, t. III, chap. II, p. 451.

période d'échappement pour être aspirés, puis expulsés de nouveau, à chaque coup de piston.

Usure des tiroirs. — Dans ce mouvement de va-et-vient des gaz chauds de la boîte à fumée à travers les cylindres et les boîtes à tiroirs, il y a entraînement de particules solides, de cendres et de noir de fumée. C'est à cette cause qu'il faut attribuer l'usure si rapide des tiroirs, usure qu'on ne constate pas au même degré, ni dans les machines fixes ni dans les machines de la marine.

Perte de travail. — Les stries produites dans les tiroirs et les tables, stries toujours apparentes et palpables, donnent lieu en outre, pendant la marche avec vapeur, à un frottement très dur qui se traduit par une énorme perte de travail et par l'usure des articulations et de toutes les pièces mobiles de la distribution.

Difficulte de la manœuvre du levier de changement de marche. — La résistance devient si considérable pour les tiroirs de grandes dimensions que l'on a été conduit récemment, pour rendre maniable le levier de changement de marche, à recourir à l'action d'une véritable petite machine à vapeur auxiliaire, malgré la complication qui en résulte.

Essais de tiroirs cylindriques (Pl. I, *fig.* 3). — Ces points faibles de la machine locomotive sont connus depuis longtemps, et parmi les tentatives les plus rationnelles ayant pour but d'y remédier, se place, en première ligne, la substitution de tiroirs cylindriques équilibrés aux tiroirs plans.

En Angleterre, en Allemagne, en Autriche, en Suisse, la même idée a été appliquée presque simultanément.

Le type le plus remarquable en ce genre est peut-être

la locomotive à tiroirs cylindriques, construite aux ateliers de Buda-Pesth, par M. Zimmermann.

Cette locomotive figurait à l'Exposition universelle de 1878.

Chaque tiroir se compose de deux pistons PP' à garnitures métalliques, montés sur une même tige AB (Pl. I, *fig.* 3).

Ces pistons se meuvent en face des lumières *aa'* découpées dans le cylindre distributeur DD, D'D'; c'est en passant par les lumières *aa'* et les canaux *ac a'c'*, que la vapeur arrive au cylindre moteur MM', l'échappement a lieu par les ouvertures EE, E'E' du cylindre distributeur, ouvertures qui communiquent avec la cheminée.

En un mot, dans la machine considérée, les plates-bandes du tiroir plan sont remplacées par des pistons : l'admission se fait du côté intérieur de ces pistons et l'échappement du côté extérieur.

On voit immédiatement que la disposition adoptée fait disparaître la cause principale de la résistance des tiroirs, puisque ceux-ci sont en quelque sorte équilibrés. Mais voici les inconvénients que la pratique a mis en évidence.

Locomotive transformée en machine pneumatique (Pl. I, *fig.* 3). — Lorsqu'on marche avec régulateur fermé (*fig.* 3), le vide tend à se produire en M, derrière le piston moteur, comme dans la machine avec tiroir plan. Le vide se transmet dans la boîte à vapeur entre les deux pistons PP' et, à l'inverse de ce qui arrive pour la machine avec tiroirs plans, le vide se maintient. — Il en résulte que la locomotive fonctionne *comme une machine pneumatique*, elle fait frein et s'arrête sur un palier ou une faible pente dès que le régulateur est fermé.

Usure des tiroirs cylindriques (Pl. I, *fig.* 3). — En outre, sous l'appel produit par le vide de la boîte à vapeur, les gaz chauds tendent à s'y introduire en s'infiltrant par le

joint des parois des cylindres DD, D'D' et des pistons distributeurs PP'; dès que la moindre fuite existe, les cendres entraînées par les gaz affluents s'interposent, les pistons PP' et le cylindre DD' s'usent, le passage des gaz s'étend rapidement èt l'usure prend alors des proportions telles, que les pistons et les cylindres distributeurs sont mis hors d'usage au bout d'un faible parcours kilométrique.

Défaut d'étanchéité. — En un mot, dans tous les essais qui ont eu lieu, il a été impossible de maintenir l'étanchéité des tiroirs cylindriques : l'usure produite pendant la marche avec régulateur fermé a constamment donné lieu à des fuites de vapeur, pendant la marche avec régulateur ouvert, fuites tellement abondantes qu'il a fallu renoncer à l'expérience et revenir aux tiroirs plans.

Introduction des gaz chauds dans les cylindres (Pl. I, *fig.* 3). — Le cylindre moteur M (*fig.* 3) n'est pas d'ailleurs à l'abri de l'afflux des gaz chauds de la boîte à fumée, car dès que la lumière *a* est ouverte à l'échappement ce cylindre M est brusquement envahi par les gaz chauds venant de la boîte à fumée et le mouvement alternatif de ces gaz s'établit comme avec les tiroirs plans et même avec plus de violence.

Telle est aujourd'hui la situation; elle est acceptée pour les locomotives, elle serait considérée comme intolérable pour les machines fixes ou pour celles de la marine.

Corrosion des chaudières (Pl. I, *fig.* 4 *et* 5). — Ce n'est pas tout : que la machine soit munie de tiroirs plans ou de tiroirs cylindriques, l'appel des gaz chauds de la boîte à fumée devient indirectement pour les chaudières une cause de détérioration qu'il importe de mettre en évidence et qui est due au graissage.

Chaudières de la marine. — Il a été reconnu dans la marine que les corrosions des chaudières avaient augmenté rapidement à la suite de l'adoption des condenseurs à surface. C'est à l'influence des huiles végétales que l'accroissement du mal a été attribué.

En effet, ces huiles, après avoir passé par les cylindres et le condenseur à surface, sont refoulées dans la chaudière dans un état plus ou moins complet de décomposition; parmi les produits de cette décomposition se trouve l'acide oléique qui, préalablement combiné avec le cuivre des parois du condenseur à surface, vient attaquer les tôles des chaudières dont la durée a été de ce fait réduite de près de moitié.

Chaudières des locomotives. — Des corrosions de même nature se produisent dans les chaudières des locomotives. On sait que les cylindres et les tiroirs sont en général graissés à l'huile de colza ou d'olive et plus rarement au suif. Les huiles et les suifs au contact des gaz chauds mêlés de cendres se décomposent.

Voici les résultats constatés directement au laboratoire des chemins de fer de l'Etat sur l'huile de colza, soumise à des températures croissantes de 100 à 280 degrés :

Il y a successivement absorption d'oxygène, dégagement d'hydrogène et formation d'acides oléique et stéarique et séparation de glycérine.

La glycérine elle-même se décompose à 280 degrés et donne de l'acide carbonique, de l'acide acétique et de l'acroléine.

Ces mêmes réactions se produisent dans la boîte à tiroir d'une machine marchant avec régulateur fermé. L'acide oléique se combine en partie avec les poussières de cuivre et de fer provenant de l'usure des tiroirs et de leurs tables, et forme avec elles de l'oléate de cuivre et de l'oléate de fer. Pendant la marche à contre-vapeur, les produits de

la décomposition des huiles sont refoulés dans la chaudière. L'acide oléique en excès reste à la surface de l'eau et corrode les tôles, principalement dans les parties embouties, à la hauteur de la ligne de flottaison.

En présence de l'oxygène dissous dans l'eau de la chaudière, le fer de l'oléate de fer passe à l'état de peroxyde et l'acide oléique est remis en liberté. Cet acide, en présence de l'eau et du fer, attaque à nouveau les tôles, très lentement il est vrai, mais la réaction est certaine et peut se contrôler au laboratoire. Il se forme ainsi une foule de petites corrosions disséminées partout où un peu d'oléate de fer est resté adhérent.

L'oléate de cuivre qui est insoluble et notablement plus lourd que l'oléate de fer, se dépose lentement et vient s'arrêter dans les parties de la chaudière où l'eau est moins agitée, c'est-à-dire principalement contre la plaque tubulaire de la boîte à fumée, dans les angles des tôles du foyer, le long des pinces des anneaux du corps cylindrique et aussi dans les poches de vidange (Pl. I, *fig.* 4 *et* 5); l'oléate de cuivre au contact du fer se décompose et il se forme de l'oléate de fer qui subit ensuite les réactions précédemment indiquées; les poussières de cuivre et les oléates de fer sont entraînés au moment des lavages périodiques avec les matières calcaires ou terreuses déposées par les eaux. Cette explication, basée sur des expériences de laboratoire, est, on le voit, analogue à celle donnée pour les chaudières de la marine. Elle s'appuie, en outre, sur des constatations précises qui sont résumées dans le chapitre III.

Innocuité des huiles minérales. — Dans les machines de la marine, il a été facile de supprimer l'agent chimique de ces corrosions, en remplaçant les huiles végétales par des huiles minérales (*).

(*) *Nota.* — Marine anglaise. — Règlement, article 262. « On n'emploiera, si cela est possible, *ni suif, ni huile d'origine animale ou végétale*, pour

Il est à remarquer, en effet, que dans ces machines la température des cylindres et des tiroirs ne dépasse pas celle de l'eau de la chaudière : or, dans ces conditions, l'emploi des huiles minérales n'offre pas de difficulté.

Il en est tout autrement dans les locomotives où les gaz chauds de la boîte à fumée, aspirés dans les cylindres, atteignent la température de 250 à 300 degrés. A ces hautes températures, les huiles minérales deviennent tellement fluides qu'elles n'ont plus aucune action lubréfiante.

Le graissage des tiroirs et des cylindres des locomotives se fait donc généralement avec des huiles végétales, et les chaudières restent exposées aux corrosions dont la cause principale vient d'être rappelée.

Obstruction des lumières et de la tuyère d'échappement. — Les huiles végétales offrent un autre inconvénient bien connu des mécaniciens : elles donnent lieu à des dépôts noirâtres d'une extrême dureté qui tapissent les fonds des cylindres, les faces du piston moteur et obstruent les lumières, les conduits de vapeur et les valves de l'échappement. Ces dépôts sont formés de matières charbonneuses, de peroxyde de fer et d'oxyde de cuivre. A mesure que les lumières et les conduits de l'échappement s'obstruent, la contre-pression augmente et le coefficient de rendement de la vapeur diminue. Nous pouvons citer, comme cas particulier, une machine du dépôt de Tours (machine à grande vitesse, série 2.000, à roues de $2^m,010$

---

la lubréfication des parties internes des machines à condenseur à surface. L'*huile minérale* sera la *seule* destinée à cette usage. Dans le cas où l'on ne pourra plus se procurer d'huile minérale, l'huile d'olive sera employée de préférence et les huiles animales à défaut de toutes autres. »

(Manuel pour les flottes à vapeur de Sa Majesté, contenant les règles et les instructions concernant les machines des navires de Sa Majesté.)

(Extrait d'un mémoire sur les huiles minérales, par Ch. Ortolan, mécanicien en chef de la marine. *Bulletin de la Société académique* de Brest, 2e série, t. VII.)

de diamètre). Confiée à un excellent mécanicien, cette machine consommait exactement son allocation de combustible, soit environ trente tonnes par mois : la tuyère d'échappement était tapissée de dépôts charbonneux qui en diminuaient la section ; le simple enlèvement de ces dépôts a permis au mécanicien de réaliser trois tonnes d'économie : la consommation avait diminué de 10 p. 100.

CHAPITRE II.

MACHINES MODIFIÉES.

Application de soupapes de rentrée d'air et suspension des tiroirs.

Soupapes de rentrée d'air (Pl. I, *fig.* 6). — Aspiration de gaz chauds chargés de cendres,

Usure des tiroirs,

Frottements,

Perte de travail,

Dureté du changement de marche,

Impossibilité de maintenir étanches les tiroirs cylindriques,

Difficulté de graissage,

Corrosion rapide des chaudières,

Obstruction des lumières,

Voilà une série de faits corrélatifs auxquels une modification profonde est apportée par le jeu des soupapes de rentrée d'air.

Ces soupapes, dont la forme est donnée par la figure 6, sont implantées, soit sur les conduits d'amenée de la vapeur de part et d'autre de la chaudière, soit sur les boîtes de distribution de vapeur. La tubulure D et le mode de fixation sont appropriés à chaque cas particulier.

Suspension du clapet. — Le diamètre le plus convenable du clapet mobile B est d'environ 8 centimètres. Ce clapet B, muni d'un ressort à boudin F, est maintenu ouvert de 2 à 3 millimètres lorsque la machine est en repos avec régulateur fermé.

Jeu de la soupape (Pl. I, *fig.* 7). — Une locomotive étant munie de pareilles soupapes, que se passe-t-il en pleine marche?

Au moment même de l'ouverture du régulateur, le clapet B de la soupape vient s'appuyer sur son siège et la machine fonctionne comme si la soupape n'existait pas.

Dès que le régulateur est fermé, tout change : pendant la période qui correspond à l'admission, le piston moteur tend à produire le vide derrière lui, mais aussitôt le clapet de la soupape se soulève, livre passage à l'air extérieur : cet air suit la tubulure AD, se précipite dans la boîte à tiroir et de là dans les cylindres (Pl. I, *fig.* 7).

Locomotive transformée en machine soufflante. — Au retour du piston, l'air aspiré précédemment est refoulé dans la tuyère de l'échappement; la locomotive est transformée *en machine soufflante;* il n'y a plus introduction de gaz chauds chargés de cendres; les cylindres, les pistons, les tiroirs, sont baignés dans de l'air frais et pur; cet air, puisé à l'extérieur et lancé dans la cheminée, produit un tirage continu qui rend la conduite du feu plus facile.

Beau poli des tiroirs. — Les stries des tiroirs disparaissent, les glaces prennent un poli miroitant, tous les frottements deviennent plus doux et l'usure des pièces de la distribution diminue dans une large mesure.

Emploi des huiles minérales. — Diminution des corrosions. — D'autre part, la basse température maintenue

dans les cylindres par le courant d'air frais, place les locomotives dans des conditions au moins aussi avantageuses que les machines de la marine pour l'emploi des huiles minérales.

En fait, sur les chemins de fer de l'État, l'oléonaphte n° VII, produit de la distillation du naphte brut du Caucase, lubréfie, dans d'excellentes conditions, les cylindres et tiroirs de toutes les machines munies de soupapes de rentrée d'air. — Nous verrons au chapitre III que les tiroirs cylindriques, graissés à l'oléonaphte pur, prennent un magnifique poli et ne s'usent que de 1 millimètre pour un parcours de 136.000 kilomètres; tandis que les tiroirs ordinaires graissés au colza s'usent de 1 millimètre en moyenne pour un parcours de 3.300 kilomètres. — L'oléonaphte n° VII est un composé de carbures d'hydrogène ayant pour formule générale C^nH^{2n}, sans trace de matière oxygénée : refoulée dans la chaudière, cette huile, à l'inverse du colza, reste absolument inoffensive. Ainsi disparaît la cause principale des corrosions.

Suppression des dépôts charbonneux. — On n'a plus à craindre les dépôts charbonneux sur les fonds des cylindres et les lumières : les surfaces métalliques se recouvrent simplement d'une légère couche de couleur blonde, sans épaisseur appréciable.

L'engorgement des tuyères et l'excès de contre-pression, qui en est la conséquence, se trouvent éliminés du même coup.

Nécessité du graissage pendant l'admission. — Il est nécessaire, lorsqu'on fait emploi exclusif d'huiles minérales, de maintenir dans les cylindres et les tiroirs un léger graissage à l'oléonaphte pendant la marche avec régulateur ouvert, comme cela se pratique pour les machines de la marine, la vapeur seule est insuffisante pour conserver la douceur des frottements.

Machines avec tiroirs plans. — *Suspension des tiroirs* (Pl. I, *fig.* 8 *et* 9). — Mentionnons encore une disposition spéciale qui est une conséquence directe de l'adoption des soupapes de rentrée d'air. — Nous voulons parler de la suspension des tiroirs.

Les ingénieurs de traction sont unanimes pour reconnaître que les tiroirs s'usent principalement pendant la marche avec régulateur fermé : c'est alors, en effet, que les gaz chauds de la boîte à fumée sont aspirés et que les cendres et autres poussières dures s'introduisent dans les boîtes à vapeur. Si ces matières pouvaient s'interposer entre le tiroir et la table, l'usure deviendrait excessive et comparable à un rodage à l'émeri.

Pour empêcher, autant que possible, ce mauvais effet, chaque tiroir (Pl. I, *fig.* 8) est en général muni de ressorts à boudin qui prennent leurs points d'appui aux quatre coins *ssss* du cadre, collent le tiroir sur la table et l'empêchent de sautiller : la table est ainsi constamment balayée par les rebords du tiroir et les poussières sont chassées en avant et en arrière. Avec les soupapes de rentrée d'air, la table n'est plus souillée de cendres ; on peut dès lors en détacher le tiroir et supprimer radicalement tout frottement et toute usure : le tiroir est maintenu en équilibre à une distance aussi faible que possible de la table (1/2 millimètre environ) à l'aide de deux lames de ressort *ab cd* (Pl. I, *fig.* 8) parallèles, fixées par leur milieu en K sur le dos du tiroir G, et s'appuyant par leurs extrémités sur les rebords du cadre H. Le détail de l'assemblage K est donné par la figure 9, — un goujon Q est vissé dans un mamelon venu de coulée avec le tiroir : le corps du goujon Q est carré, une petite plaque rectangulaire *pp*, logée dans une entaille faite sur le dos du tiroir, forme frein et empêche le goujon de se dévisser. Les deux plaques freins *pp* d'un même tiroir peuvent être réunies en une seule pièce emboîtant simultanément les goujons Q des deux ressorts : l'entaille sur le dos du tiroir est

alors inutile. — Au-dessus de la plaque frein *pp*, on voit la coupe de la lame de ressort en hachures croisées : cette lame est recouverte d'un jeu de cales de diverses épaisseurs ; le tout est terminé par un écrou et contre-écrou.

Afin de maintenir très faible l'écartement entre le tiroir G et sa table H, il est aisé, lorsque le tiroir s'est usé, après un certain temps de marche, de rapporter sous la lame de ressort une cale d'une épaisseur convenable pour rattraper cette usure.

Telles sont les dispositions que nous avons appliquées aux machines à tiroirs plans : elles entraînent, comme on le voit, une dépense très minime qui correspond à la confection des soupapes et à la suspension des tiroirs.

Il convient d'ajouter sur les boîtes à vapeur deux graisseurs à condensation, si les machines n'en sont pas munies, et de faire le graissage exclusivement avec des huiles minérales.

Machines avec tiroirs cylindriques (Pl. II, *fig.* 10 *et* 11). — Les avantages des soupapes de rentrée d'air, dont nous avons exposé l'importance pour les machines à tiroirs plans, sont plus caractéristiques encore pour les machines à tiroirs cylindriques, et c'est d'ailleurs grâce à ces soupapes que le problème des tiroirs cylindriques peut être considéré comme pratiquement résolu.

Les figures 10-11 représentent la soupape de rentrée d'air adaptée latéralement sur la conduite d'arrivée de vapeur d'une machine 3.205 avec tiroirs cylindriques, en service sur le réseau de l'État. — On voit immédiatement sur la figure 10 que pendant la marche avec régulateur fermé, l'air extérieur, aspiré par la soupape, afflue entre les pistons distributeurs et de là passe dans le cylindre en M, derrière le piston moteur, où la pression atmosphérique est à chaque instant rétablie. La machine cesse de faire frein, elle devient au contraire extraordinairement libre. Les pistons se meu-

vent constamment soit dans un milieu d'air frais et pur (régulateur fermé), soit dans un milieu de vapeur humide (régulateur ouvert). Dans ces conditions, avec un graissage bien assuré, l'usure disparaît presque totalement et les pistons restent indéfiniment étanches. Le graissage se fait à l'oléonaphte et nous n'avons pas besoin de répéter quelles sont les conséquences de ce graissage au point de vue de la conservation des chaudières.

Description des pistons distributeurs (Pl. II, *fig.* 10 *à* 17). — Une description détaillée des pistons distributeurs fera comprendre comment nous avons pu réaliser l'étanchéité dans la marche avec régulateur ouvert, et comment nous avons pu supprimer tout frottement pendant la marche avec régulateur fermé, en empêchant le contact des segments des pistons avec les parois du cylindre, par une disposition analogue à celle de la suspension des tiroirs plans au-dessus de leurs tables.

Le piston distributeur formant tiroir se compose de trois parties principales, savoir :

Une souche mâle (*fig.* 14).

Une souche femelle (*fig.* 15).

Un segment (*fig.* 12).

Les deux souches s'emboîtent l'une dans l'autre pour former le corps du piston (*fig.* 13).

Segment. — Le segment est une lame cylindrique portant sur sa surface extérieure quatre rainures *hhhh* (Pl. II, *fig.* 13). Ces rainures facilitent le graissage : elles permettent à la contre-pression dans le cylindre de se transmettre sur tout le pourtour du segment dans la marche avec régulateur fermé ; enfin elles concourent à rendre plus complète l'étanchéité dans la marche avec régulateur ouvert.

A l'intérieur du segment se trouve une nervure mince, à faces planes parfaitement dressées. — Cette nervure que

l'on voit en *n* (Pl. II, *fig.* 12 *et* 13), doit pouvoir coulisser librement entre les deux souches du corps du piston, comme cela est indiqué (*fig.* 13, partie coupée).

Les extrémités du segment forment un joint croisé représenté sur la figure 13 en *ab cd;* les ouvertures *ab cd*, que l'on voit aussi en projection sur la figure 12, permettent au segment de se fermer en diminuant de diamètre, lorsqu'il supporte une pression sur sa surface extérieure.

Les figures 10, 11, 13, 14, 15, font comprendre la disposition des deux souches formant le corps du piston.

Souche mâle (Pl. II, *fig.* 14). — La souche mâle coupée par un plan diamétral est représentée en *tt*, sur la figure 10. — Une autre coupe, par un plan perpendiculaire à l'axe, est reproduite en *tt* sur la figure 11, Pl. II, qui fait voir en même temps l'assemblage de la souche avec la tige W, à l'aide du tenon *u*. La figure 14 fait voir cette souche en plan et en élévation.

Souche femelle (Pl. II, *fig.* 15). — La souche femelle est un cylindre évidé *xx* dans lequel vient s'emboîter la partie saillante de la souche mâle *tt*. Les figures 10 et 11 montrent cet emboîtement. — La figure 15 représente la souche femelle en plan et en élévation.

Assemblage et fonctionnement des diverses parties du piston (Pl. II, *fig.* 10 *à* 17). — Lorsque les deux souches sont emboîtées l'une dans l'autre à fond et serrées à bloc sur la tige du tiroir W, il reste entre elles un évidement juste suffisant pour recevoir la nervure *n* du segment, comme cela est représenté en coupe sur la figure 13, Pl. II, où l'on voit la nervure *n* appuyée d'une part contre la souche mâle *t* et maintenue d'autre part par le rebord de la souche femelle *x*. L'emboîtement des deux souches est marqué en traits pointillés sur la figure 13. La souche mâle doit porter rigoureusement

sur le fond de la souche femelle : c'est là qu'est le joint empêchant toute fuite de vapeur vers la tige.

On voit clairement par cette description que le segment. saisi par sa nervure *n*, est obligé de suivre tous les mouvements longitudinaux du piston qu'il enveloppe.

Pour empêcher le segment de prendre un mouvemen de rotation autour de son axe, il a suffi de le munir d'un ergot ou taquet d'arrêt à tête carrée, vissé dans l'épaisseur du segment, ou venu de fonte avec le segment.

Cet ergot E est dessiné sur la figure 10, Pl. II.

Lorsque le segment est mis en place, l'ergot E coulisse avec un très faible jeu latéral dans une cavité rectangulaire ménagée dans la souche femelle. On voit ce taquet et son logement sur la figure 10, au bas de la coupe du piston et sur la figure 11 en E.

Les dispositions suivantes ont été adoptées en vue de maintenir le segment bien centré par rapport à l'axe du cylindre distributeur.

Le couvre-joint *s* (Pl. II, *fig.* 16), qui empêche la vapeur de s'échapper par l'ouverture *cd* du segment (*fig.* 13), est logé dans une chambre rectangulaire découpée sur la souche femelle. Le couvre-joint *s* glisse très librement dans cette chambre (*fig.* 10); il est appuyé contre l'ouverture qu'il doit obturer par un petit ressort à boudin *r*. (La figure 10 montre la coupe du couvre-joint *s* et du ressort à boudin *r*.)

Une autre coupe, perpendiculaire à la précédente, est donnée par la figure 11; cette dernière figure montre la surface cylindrique du couvre-joint *s* en contact avec la surface intérieure du segment. — Outre la chambre rectangulaire dans laquelle est logé le couvre-joint *s*, la souche femelle porte deux trous cylindriques dans lesquels glissent les chapeaux c (Pl. II, *fig.* 17) qui servent à guider deux ressorts à boudin $r'r''$. La coupe de ces deux trous cylindriques avec les chapeaux *c* et les ressorts $r'r''$ mis en place est donnée

par la figure 11. — La figure 15, Pl. II, met bien en évidence la disposition de ces trous cylindriques. Le couvre-joint *s* et l'ergot E se trouvent aux extrémités d'un même diamètre *xy* du segment. Ce diamètre prolongé passe par l'axe *z* du cylindre moteur, comme cela est indiqué sur la figure 11.

L'axe du ressort *r'*, couvert par le chapeau *c*, forme avec la verticale le même angle que l'axe du ressort *r* du couvre-joint *s*. Enfin le troisième ressort *r''* a son axe sur la verticale passant par le centre du piston.

Les deux ressort *rr'* ont la même tension; le troisième ressort *r''* est réglé de manière à centrer exactement le segment.

Pour faciliter la mise en place des trois ressorts, il a été ménagé dans l'emboîtement de la souche mâle avec la souche femelle, un espace annulaire suffisant pour loger un anneau cylindrique de 1 millimètre d'épaisseur.

La figure 11 fait voir cet anneau entre la souche mâle *tt* et la souche femelle *xx*.

L'assemblage se fait de la manière suivante : on place l'anneau cylindrique dans l'intérieur de la souche femelle : cet anneau mince recouvre la base des trois logements des ressorts *r*, *r'*, *r''*; on fait glisser par l'extérieur, dans leurs logements respectifs, le couvre-joint *s* et les deux chapeaux *c* munis de leurs ressorts; on applique ensuite le segment sur la souche femelle, de telle façon que la coupure *cd* (*fig.* 13) corresponde au milieu du couvre-joint *s* et que l'ergot E s'engage dans son logement.

Cela fait, il ne reste plus qu'à mettre en place la souche mâle et à serrer à bloc les deux souches sur la tige *ww* du tiroir.

Le segment équilibré par les trois ressorts *r*, *r'*, *r''*, est concentrique avec le cylindre dans lequel il se meut et comme il a un diamètre *d* un peu plus petit que le diamètre *D* de ce cylindre, il ne touche la paroi en aucun point (*fig.* 10).

Les trois ressorts *r*, *r'*, *r''*, sont comparables à trois petits tampons ne donnant aucune bande appréciable au segment, tout en le maintenant rigoureusement centré. Les petits tampons se contractent lorsqu'une pression extérieure s'exerce sur le segment, et celui-ci se referme alors sur lui-même jusqu'à ce que les lèvres *ab*, *cd* de la coupure se touchent (*fig.* 13).

Cette propriété importante du segment d'être entièrement libre lorsque le régulateur est fermé, ne l'empêche pas d'être parfaitement étanche dès que le régulateur est ouvert.

En effet, dès que la vapeur arrive dans la boîte à tiroir, entre, les deux pistons distributeurs, elle pénètre dans l'intervalle *m* laissé libre entre le segment et le corps de chaque piston (Pl. II, *fig.* 10 *et* 13), et elle applique la surface cylindrique du segment contre la paroi du cylindre, en même temps qu'elle presse énergiquement la nervure *n* contre le rebord plan de la souche mâle *t*, la fermeture produite est analogue à celle d'une soupape appuyée sur son siège.

Telles sont les dispositions spéciales qui ont fait disparaître les difficultés inhérentes à l'emploi des tiroirs cylindriques, difficultés telles que, malgré tous les avantages que ces tiroirs présentent, les applications faites jusqu'à ce jour ont dû être successivement abandonnées.

CHAPITRE III

RÉSULTATS PRATIQUES.

Après avoir énuméré les inconvénients de l'introduction des gaz chauds chargés de cendres dans les boîtes à vapeur et les cylindres des locomotives, nous avons fait connaître

la manière d'y remédier, aussi bien pour les machines munies de tiroirs plans que pour celles munies de tiroirs cylindriques, par la simple application de soupapes de rentrée d'air sur les conduits d'admission ou sur les boîtes à vapeur.

Nous avons en outre décrit avec détails les dispositions spéciales qui permettent, grâce au fonctionnement de ces soupapes, de supprimer toute usure des tiroirs plans ou cylindriques, pendant la marche avec régulateur fermé.

Il nous reste à faire connaître les résultats pratiques obtenus en service courant ; nous nous étendrons particulièrement sur les machines avec tiroirs cylindriques, parce qu'elles réunissent à un plus haut degré les avantages qui découlent des dispositions nouvelles. Nous indiquerons en même temps quelques légères modifications dont l'expérience nous a fait reconnaître l'opportunité, modificatiohs qui ont pour but de prolonger indéfiniment la durée de toutes les pièces et de réduire au minimum les frais d'entretien.

Nous avons actuellement 36 machines de divers types, munies de soupapes de rentrée d'air : elles sont attachées aux dépôts de Tours et d'Ussel (ligne de Clermont à Tulle).

Ensemble d'une machine transformée. — Nous donnons une coupe longitudinale par l'axe du cylindre distributeur et une vue en plan de la distribution de ces machines (Pl. III, *fig.* 18 *et* 19).

Nous avons adopté la distribution Walschaërts qui donne directement aux tiroirs un mouvement parallèle à l'axe du cylindre moteur. L'avance à l'admission est constante, le réglage est extrêmement simple et facile, enfin, pour une même admission, la détente est un peu plus longue et la compression un peu plus courte que dans les distributions ordinaires Stéphenson, Allan ou Gooch.

Nous avons conservé l'excentrique qui existe dans nos autres machines pour le mouvement oscillatoire de la cou-

lisse, afin d'éviter l'emploi d'essieux spéciaux de rechange.

Soupapes de rentrée d'air. — Faits constatés en service. — Les soupapes de rentrée d'air, telles qu'elles sont construites, n'ont jamais donné lieu à aucune fuite; les plus vieilles ont déjà dix-huit mois de service. On ne remarque ni sur le siège, ni sur les clapets, aucune trace d'usure ou de matage.

Cette conservation si parfaite d'un organe délicat est due, en grande partie, au ressort de suspension du clapet; ce clapet ne vient se mettre en contact avec son siège qu'au moment précis où le régulateur est ouvert.

Les frais d'entretien sont négligeables.

Un seul accident a eu lieu : le clapet B d'une soupape (Pl. I, *fig.* 6) s'est cassé; il a suffi de fermer la tubulure D de la soupape par un joint plat, en tôle, pour ramener la machine au dépôt. Vérification faite, le clapet cassé était en fonte : il convient d'adopter exclusivement le bronze pour les clapets; il n'y a pas d'inconvénient à faire en fonte le corps de la soupape.

Ce qui frappe le mécanicien tout particulièrement, c'est le tirage produit par les soupapes sur les longues pentes parcourues avec régulateur fermé. Lorsqu'il ouvre la porte du foyer, il ne reçoit plus à la figure les bouffées si désagréables de flamme et de fumée : il voit un feu clair et commode à charger.

La puissance de production de la machine se trouve augmentée par ce fait qu'il suffit d'un faible parcours en pente pour alimenter la chaudière, rétablir le feu et maintenir la pression. — Le mécanicien peut, en toute sécurité, arriver au sommet d'une rampe, bas d'eau et de feu.

Les soupapes de rentrée d'air constituent en réalité un puissant souffleur activant le tirage sur les pentes, sans occasionner aucune dépense de vapeur. Le tirage devient tellement énergique aux grandes vitesses, qu'il est néces-

saire de rendre la fermeture du cendrier hermétique, afin de pouvoir au besoin, en abaissant la trappe, arrêter totalement le passage de l'air à travers la grille : sans cette précaution, la production de vapeur sur les pentes deviendrait surabondante et la consommation du combustible serait activée en pure perte.

Cylindres distributeurs. — *Usure négligeable.* — Les cylindres distributeurs dans lesquels se meuvent les segments, sont formés par des chemises en fonte, rapportées, dont le remplacement serait facile, s'il devenait utile.

Les premières chemises essayées sont celles de la machine 3090, dont le parcours est, aujourd'hui, de 70.000 kilomètres. Ces chemises ne présentent pas trace d'usure ou d'ovalisation. Il en est de même pour toutes les autres machines de construction plus récente. Nous devons noter toutefois, qu'à la deuxième machine mise en service (le n° 3522), deux des petites nervures ou barettes obliques des lumières se sont fendues à un bout en *a a*, probablement par suite d'un mouvement de retrait de la fonte (Pl. III, *fig.* 20). Ces fentes, qui ont été constatées à l'avant de la chemise, côté droit de la machine 3522, peu de jours après sa mise en service, ne se sont reproduites sur aucune autre machine : c'est la seule défectuosité qui ait été découverte sur les cylindres distributeurs.

Depuis cette constatation, nous avons légèrement arrondi les angles du raccord des nervures *a a* avec la lumière. Pour la machine 3522, ces angles sont vifs, comme l'indique le trait pointillé de la figure 20.

Segments. — *Leur durée.* — La nervure des segments prend un très beau poli : il est impossible de constater soit usure, soit matage. Les premiers segments du type adopté ont été mis en service le 19 décembre 1882, sur la machine 3522. Ils ont aujourd'hui un parcours de 20.000 kilo-

mètres ; ils paraissent n'avoir rien perdu de leur épaisseur, quand on se contente de prendre les mesures au compas. Des pesées exactes ont été faites, à diverses reprises, pour l'un des segments de la machine 3522 (segment G N).

Ces pesées ont permis de constater les diminutions de poids suivantes :

TABLEAU N° 1.

DATE DE LA PESÉE. 1	POIDS à cette date. 2	PARCOURS kilométriques. 3	PERTES de poids totales. 4	PARCOURS partiels. 5	PERTES de poids correspondant aux parcours partiels. 6	PERTES de poids ramenées à 1000 kilomètres parcourus. 7
	gr.	kil.	gr.	kil.	gr.	gr.
19 décembre 1882. .	1780					
8 janvier 1883. . .	1760	2100	20	2100	20	9,52
28 février 1883. . .	1741	6563	39	4463	19	4,26
19 mars 1883. . . .	1733	8465	44	1902	5	2,63
15 juillet 1883. . . .	1715	19045	65	10580	21	1,98

La perte de poids constatée, après un parcours de 19.045 kilomètres, étant de 65 grammes, la perte d'épaisseur correspondante peut se calculer de la manière suivante :

Soit x l'épaisseur cherchée. Comme le diamètre extérieur du segment est de 200 millimètres et que la largeur du segment, déduction faite des rainures, est de $74 - 16 = 58$ millimètres, le volume enlevé par millimètre d'usure sur le pourtour du segment sera exprimé par $\pi \times 200 \times 58 \times 1$ millimètre en millimètres cubes. Le poids en milligrammes sera $\pi \times 200 \times 58 \times 7,5 = 273^{gr},296$, en adoptant 7,5 pour densité de la fonte.

Ainsi pour que l'épaisseur du segment diminue de 1 millimètre, la perte de poids doit s'élever à $273^{gr},296$.

Pour une perte de poids de 65 grammes, la perte d'épaisseur sera donc :

$$x = \frac{65,000}{273,296} = 0^{mm},23.$$

Le segment a donc perdu $\frac{23}{100}$ de millimètre d'épaisseur pour un parcours de 19 045 kilomètres. Si l'usure était proportionnelle au parcours, on voit qu'à une usure de 1 millimètre correspondrait un parcours de

$$19045 \times \frac{100}{23} = 82.800 \text{ kilomètres.}$$

Mais l'expérience montre que l'usure croît moins vite que les parcours, et cela se conçoit aisément : il se produit en effet un premier rodage à l'origine, tandis que plus tard les surfaces en contact sont parfaitement lisses.

Le tableau ci-dessus met bien en évidence cette loi décroissante.

On voit, par exemple (colonne n° 7 du tableau n° 1), que l'usure qui, pour le premier parcours, dépassait 9 grammes par 1 000 kilomètres, s'est abaissée au-dessous de 2 grammes pour les parcours faits à partir du troisième mois de service.

En nous basant sur cette perte de poids de 2 grammes par 1 000 kilomètres, nous pouvons évaluer le parcours futur nécessaire pour produire 1 millimètre d'usure à $\frac{273^{gr},296}{2} \times 1000 = 136.648$ kilomètres, soit en nombre rond 136.000 kilomètres.

Cette évaluation est plutôt faible que forte.

En effet, pour quatre machines neuves construites au Creusot, nous avons constaté le poids des segments *N* au moment de la livraison : nous venons de faire peser à nouveau les mêmes segments et nous donnons ci-après les parcours et les différences de poids trouvées pour tous ces segments.

TABLEAU N° 2.

NUMÉROS des MACHINES. 1	PARCOURS en kilomètres. 2	SEGMENTS N. CÔTÉ. 3	POIDS primitif. 4	POIDS après les parcours de la colonne 2. 5	PERTES de poids. 6	PERTES DE POIDS ramenées à 1000 kilomètres parcourus. 7
			gr.	gr.	gr.	gr.
2069	11,794	D	1845	1828	17	1,50
	11,794	G	1830	1807	23	1,90
2070	8.898	D	1842	1711	131	usure anormale
	8,898	G	1884	1865	19	2,14
2071	8,767	D	1845	1826	19	2,15
	8,767	G	1885	1857	28	3,20
2072	13,214	D	1885	1860	25	1,90
	13,214	G	1879	1844	35	2,65
Totaux. . . .	76,448				166	2,17

Un segment a donné lieu à une usure anormale constatée au bout d'un parcours d'environ 9 000 kilomètres : au moment de la pesée faite après ce parcours, il présentait un beau poli comme tous les autres ; tout porte à croire que c'est un premier rodage, dès la mise en service, qui a produit cette perte de poids. Les sept autres segments, pour un parcours total de 76.448 kilomètres, ont perdu en totalité 166 grammes ; c'est à peu près exactement 2 grammes par 1.000 kilomètres de parcours.

Si l'on faisait entrer en ligne de compte le segment ayant une usure anormale, on obtiendrait les résultats suivants :

Parcours totaux. . . . . 85.346 kilomètres.
Perte de poids. . . . . . 297 grammes.

Soit, pour une période moyenne de parcours de $\frac{85346}{8}$ $= 10\,668$ kilomètres, une perte de $\frac{297}{8} = 37^{gr},1$.

Cette perte de $37^{gr},1$ pour 10.668 kilomètres, étant ramenée à un parcours de 1.000 kilomètres, correspond à $3^{gr},48$.

Le segment *N* G de la machine 3522, dont nous avons donné l'historique, avait éprouvé une perte de 44 grammes pour un parcours de 8.465 kilomètres, soit par 1.000 kilomètres une perte de 5gr,20.

On voit que tout en tenant compte d'un cas d'usure exceptionnelle, la moyenne des résultats pour les huit segments des quatre machines 2069 à 2072, accuse une usure encore moindre que pour le segment considéré dans le tableau n° 1.

Nous concluons de là qu'on peut admettre pratiquement que l'usure des segments ne dépassera pas en moyenne 1 millimètre pour un parcours de 136.000 kilomètres, à partir du premier rodage qui suit la mise en service.

Nous estimons qu'on pourra maintenir les mêmes segments aussi longtemps que l'usure ne dépassera pas 2 millimètres : ils fourniront donc un parcours moyen de 272 000 kilomètres.

Souche mâle. — Certaines souches mâles ne présentent aucune trace d'usure; d'autres portent des traces de matage, reproduisant l'empreinte de la nervure des segments, sur une profondeur variable de un quart à un demi-millimètre, après des parcours de 8 à 10.000 kilomètres.

D'où vient cette différence?

Nous l'attribuons à une petite imperfection de montage.

La nervure doit coulisser librement, mais sans jeu, entre la souche mâle et la souche femelle; de même le segment doit glisser librement sans aucune bande dans la chemise, c'est-à-dire sans contact avec elle. S'il existe un peu de jeu à la nervure et un peu de bande au segment, il se produit, pendant la marche avec régulateur fermé, une série de petits chocs de la nervure contre les souches et un choc plus violent contre la souche mâle, au moment de l'admission de la vapeur. Si la nervure coulisse sans jeu, il n'y a ni choc, ni matage.

Afin d'éviter ce jeu, nous faisons porter la souche femelle contre la nervure, non plus directement par sa masse, comme l'indiquait la figure 13, mais par l'intermédiaire d'une couronne en tôle d'acier emboutie, formant lame élastique.

Cette couronne, représentée Pl. III, *fig.* 21, se compose d'un disque *dd* de 1 millimètre d'épaisseur et d'une douille ou manchon : le manchon *mm* entre librement dans la souche femelle, le disque *dd* formant lame de ressort porte deux découpures rectangulaires pour le passage de l'ergot E et de la sellette S.

La pression sur la nervure est d'environ 80 kilogrammes. Le manchon *mm* remplace l'anneau en cuivre logé dans l'emboîtement de la souche mâle et de la souche femelle et servant à faciliter la mise en place des ressorts r, r' r''.

Grâce à l'élasticité de la lame de ressort, la difficulté du montage est évitée : l'excès de jeu et l'excès de pression ne sont plus à craindre ; la nervure du segment coulisse avec frottement sous la pression de la lame de ressort circulaire sans pouvoir se détacher jamais de la souche mâle. Les vibrations du segment et ses oscillations alternatives d'ouverture et de fermeture pendant la marche avec régulateur fermé, sont amorties. Dans ces conditions, nous comptons que le matage disparaîtra pour toutes les souches indistinctement.

Souche femelle. — La souche femelle, avec ses ressorts à chapeau et sa sellette, ne donne lieu à aucune observation. Toutes ces pièces fonctionnent bien régulièrement et maintiennent le centrage du segment.

Nous venons de voir la modification que nous expérimentons pour faire disparaître la cause des matages accidentels constatés sur quelques souches mâles.

Bagues en bronze (Pl. II, *fig.* 10). — Les seules pièces

sur lesquelles une usure appréciable se produise, sont les bagues en bronze BB (*fig.* 10), guidant la tige des pistons distributeurs. — Ces bagues portent tout le poids de cette tige et elles s'ovalisent. — Lorsque cette ovalisation dépasse 1 millimètre, il faut réguler les bagues et centrer à nouveau la tige. L'usure se produit principalement sur la bague *N*, et après un parcours de 5 à 6 000 kilomètres, cette bague doit être régulée.

Pour remédier à cet inconvénient, nous munissons la tige d'un fourreau en acier, qui a pour effet d'augmenter le diamètre de la bague et d'élargir les surfaces frottantes. Ce fourreau a 60 millimètres de diamètre, et la tige primitive n'en a que 45 (Pl. III, *fig.* 22).

Ensemble de la distribution. — Toutes les autres pièces de la distribution, tiges, articulations, coulisses, coulisseaux, colliers d'excentrique, etc., restent intactes sans trace apparente d'usure. Ces pièces ont les mêmes dimensions que dans les machines ordinaires ; elles supportent des pressions incomparablement moindres. Pour la première machine à tiroirs cylindriques, ayant aujourd'hui un parcours de 70.000 kilomètres, elles n'ont pas eu à subir la plus légère réparation.

Frais d'entretien. — Les frais d'entretien des organes de la distribution, depuis les colliers d'excentrique jusqu'aux tables de tiroirs, sont pour ainsi dire nuls.

Levier de changement de marche. — Pour toutes les machines munies de soupapes de rentrée d'air et de tiroirs cylindriques, le levier de changement de marche se déplace avec la plus grande aisance sous pleine vapeur ; toute fatigue anormale disparaît pour le mécanicien, c'est aujourd'hui un fait bien constaté.

En cas de danger, la marche peut être renversée sans

hésitation, sans effort, pour ainsi dire instantanément; tandis qu'avec les machines ordinaires, et notamment avec les lourdes machines à huit roues couplées, il est souvent nécessaire de fermer le régulateur pour battre contre-vapeur, la résistance due au frottement des tiroirs plans dépassant les forces du mécanicien.

De là résulte une perte de temps, un retard pour la manœuvre du levier, qui peut être extrêmement préjudiciable, en cas de nécessité d'arrêt brusque. L'adoption des tiroirs cylindriques vient donc compléter, d'une manière très heureuse, les garanties de sécurité dues à l'emploi de la contre-vapeur.

Nous en faisons l'expérience tous les jours avec les machines à huit roues couplées et à tiroirs cylindriques circulant sur la ligne de Tulle à Clermont. Cette dernière ligne présente une succession de pentes et rampes de 25 millimètres, avec courbes de 250 mètres de rayon, et la descente des pentes a toujours lieu avec la contre-vapeur.

Dépôts charbonneux. — Il est intéressant de connaître la composition des dépôts charbonneux qui recouvrent, dans les locomotives graissées avec des huiles végétales, les fonds des cylindres, les pistons, les conduits de vapeur, les valves de l'échappement, etc. Ces dépôts augmentent à raison de 1 à 2 kilogrammes au moins par mois. Ils atteignent une grande dureté, et lorsqu'ils s'attachent aux bords des lumières, ce qui arrive fréquemment, ils dérèglent la distribution de la vapeur.

Nous donnons ci-dessous une analyse détaillée des dépôts prélevés sur la machine 3059 du dépôt de Tours.

ANALYSE DES DÉPOTS DE NOIR.

MACHINE 3059.

DÉSIGNATION des SURFACES.			HUMIDITÉ.	MATIÈRES grasses (huile).	FER.	PEROXYDE de fer.	CUIVRE.	OXYDE de cuivre.	CARBONE et matières volatiles.	TOTAUX.
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Pistons. . .	face AV	D	1,00	4,25	Trace	10,50	Néant	4,37	79,88	100
		G	indét.	11,00	Trace	15,75	Néant	5,62	67,63	100
Pistons. . .	face AR	D	»	8,00	Trace	12,25	Néant	3,75	76,00	100
		G	1,00	4,00	Trace	14,00	Néant	4,37	76,63	100
Plateaux des cylindr.	face AV	D	»	9,50	Trace	14,35	Néant	5,62	70,53	100
		G	0,70	9,00	Trace	16,10	Néant	8,01	66,19	100
Plateaux des cylindr.	face AR	D	»	8,00	Trace	13,80	Néant	5,00	73,20	100
		G	0,80	7,50	Trace	15,75	Néant	7,00	68,95	100
Boites à vapeur.	lumière AV	D	»	5,00	Trace	14,00	Néant	10,62	70,38	100
		G	0,70	4,50	Trace	12,95	Néant	8,75	73,10	100
	lumière M	D	»	6,50	Trace	11,50	Néant	6,87	75,13	100
		G	»	4,75	Trace	11,20	Néant	10,62	73,43	100
	lumière AR	D	»	4,00	Trace	12,60	Néant	11,88	71,52	100
		G	»	5,50	Trace	12,25	Néant	10,62	71,63	100
Tuyau d'échappement.		base	»	8,25	Trace	10,85	Néant	15,62	65,28	100
		milieu	»	2,00	Trace	10,30	Néant	15,62	72,08	100
		valves	»	9,75	Trace	9,80	Néant	8,01	74,44	100
Milieu du tuyau de la prise de vapeur.			»	»	Trace	5,25	Néant	15,00	79,75	100
Boite à fumée (bas.).			1,50	1,00	Trace	12,95	Néant	Néant	84,55	100
Cheminée..	hauteur des valves.		0,80	0,75	Trace	6,30	Néant	Néant	92,15	100
	haut.		»	7,00	Trace	14,00	Néant	Néant	79,00	100

Le fer et le cuivre à l'état d'oxydes (colonnes 7 et 9) proviennent de l'usure des tiroirs et des cylindres. On voit en effet, à l'inspection des tableaux, que c'est dans la boîte à tiroir, près des lumières, et à la base de l'échappement, que la proportion de cuivre est plus élevée : elle est presque égale à celle du fer en poids absolu; dans l'intérieur des cylindres, sur les plateaux et les faces des pistons, la proportion de cuivre diminue de près de moitié. Enfin le cuivre se retrouve en proportion très forte d'une part sur les valves de l'échappement et d'autre part dans le tuyau de prise de vapeur.

Il est donc bien certain qu'il y a entraînement du cuivre par le courant de vapeur, soit que ce courant se dirige vers

la cheminée (marche ordinaire), soit qu'il se dirige vers la chaudière (marche à contre-vapeur).

Le cuivre, enlevé aux tiroirs par l'usure, s'élève en moyenne à 500 grammes par mois et par machine. — Le cuivre entre pour 1/10 environ dans la formation des dépôts adhérant aux parois ; le surplus du cuivre est refoulé dans la chaudière (*) ou emporté avec la vapeur en dehors de la cheminée ; on ne retrouve pas trace de cuivre ni dans la cheminée même, ni dans la boîte à fumée.

Nous avons tenté de faire des analyses de même nature pour les machines munies de tiroirs cylindriques et graissées à l'oléonaphte, mais les dépôts sont tellement faibles que les surfaces métalliques paraissent à peine recouvertes d'une légère couche blonde.

Nous donnons l'analyse de deux échantillons, prélevés : le premier (n° 1) sur les rainures des segments distributeurs de le machine n° 3522, le deuxième (n° 2) sur les lumières et les parois du cylindre du côté de l'échappement.

L'échantillon n° 1 pesait 3gr,55.

L'échantillon n° 2 pesait 13gr,50.

	N° 1	N° 2
	—	—
Huile oléonaphte (à l'état pâteux)	12,6	8,5
Minium de plomb	»	5,1
Fer pur	18.3	25,5
Peroxyde de fer	trace	2,2
Cuivre	»	»
Oxyde de cuivre	»	»
Chaux et alumine	2,0	1,5
Silice et sable fin	6,4	6,4
Carbone et matières volatiles	60,7	50,8
	100,0	100,0

(*) Voir note A (p. 63) à la suite du mémoire. — Présence du cuivre constatée directement dans les résidus du lavage.

L'examen du tableau fait reconnaître l'absence totale de cuivre, ce qui était à prévoir, les tiroirs cylindriques étant en fonte.

Le fer est presque en totalité à l'état de fer pur ; c'est que l'oléonaphte, enveloppant la poussière de fer, la préserve de l'oxydation.

Le minium de plomb provient de quelques parcelles de minium détachées du joint du plateau du cylindre ; la chaux, l'alumine, la silice et le sable fin proviennent des poussières de l'air atmosphérique, passant par les soupapes de rentrée d'air.

Au bout de dix-huit mois de service, la machine 3 090 porte des traces de dépôts s'élevant à quelques grammes, et ces dépôts n'offrent pas d'adhérence. — Pour une même durée, on trouve dans une machine ordinaire graissée à l'huile de colza 20 à 30 kilogrammes de dépôts tellement adhérents, qu'il faut les brûler pour les faire disparaître (*).

Corrosion des chaudières. — Voici la circonstance qui nous a conduit à étudier, d'une manière spéciale, les corrosions des tôles des chaudières et à en rechercher les causes.

Nos machines étaient munies de poches de vidange, en tôle emboutie, de la forme indiquée par la figure 4, Pl. I. Ces poches, fortement corrodées en *aa*, finissaient par être percées et il fallait les remplacer tous les six à sept ans. — Le remède avait paru facile ; les corrosions étant attribuées en grande partie à l'emboutissage de la tôle, il semblait qu'en supprimant l'emboutissage les corrosions cesseraient. Une expérience avait été faite d'abord sur quelques machines du dépôt de Saintes : les poches avaient été rempla-

---

(*) Voir note B (p. 64) à la suite du mémoire. — Épaisseur des dépôts constatée au bout d'un an de graissage au colza.

cées par de simples plaques droites nullement embouties (Pl. I, *fig.* 5).

Ces plaques de tôle, qu'il est facile de visiter à chaque lavage, forment une sorte de thermomètre faisant connaître la marche des corrosions.

La même mesure avait ensuite été généralisée et appliquée à toutes les machines construites pour le réseau de l'Etat. Or, qu'est-il arrivé après cette substitution? Les corrosions se sont produites à peu près avec la même intensité sur tout le pourtour des plaques, en *bb* (*fig.* 5), c'est-à-dire exactement aux points où les matières en suspension dans la chaudière venaient, peu à peu, se déposer à l'abri des agitations de l'eau.

L'emboutissage n'avait donc qu'une influence d'ordre secondaire.

L'absence générale de corrosions en *a'a'* (*fig.* 4) motivait déjà une forte présomption en faveur de cette conclusion, qui est aujourd'hui confirmée par l'expérience.

Les tableaux ci-après donnent, pour vingt-quatre machines à voyageurs et pour neuf machines à marchandises, le parcours kilométrique, la durée de service et les consommations approximatives de combustible et d'eau, au moment où les poches ou plaques de vidange ont été remplacées.

NUMÉROS des machines.	DATES de la mise en service.	DATES de la visite des poches de vidange.	PARCOURS effectués entre les deux dates.	DURÉE du service.	CONSOMMATION TOTALE.	
					Combustible.	Eau.
MACHINE SÉRIE 2100.						
			kilom.		kilogr.	litres.
2173	13 mars 1870.	1er mai 1879.	341 407	9 ans 1 mois 1/2.	2 250 896	18 007 [illegible]
2116	22 juillet 1876.	21 mai 1879.	165 649	2 ans 10 mois.	1 092 124	8 736 [illegible]
2181	20 février 1872.	12 juin 1879.	269 502	7 ans 4 mois.	1 776 827	14 214 [illegible]
2106	11 mars 1874.	3 déc. 1879.	316 563	5 ans 9 mois.	2 023 788	16 190 [illegible]
2113	14 juin 1876.	23 déc. 1879.	203 461	3 ans 6 mois.	1 341 418	10 731 [illegible]
2105	1er octobre 1874.	21 février 1880.	302 097	5 ans 4 mois 1/2.	1 991 726	15 933 [illegible]
2172	15 mars 1870.	20 mars 1880.	421 553	10 ans.	2 779 199	22 233 [illegible]
2107	3 mars 1874.	20 avril 1880.	332 003	6 ans 1 mois 1/2.	2 188 896	17 511 [illegible]
2115	4 juillet 1876.	22 juin 1880.	217 59	ans 11 mois 1/2.	1 434 584	11 476 [illegible]
2103	25 février 1874.	16 juillet 1880.	336 437	6 ans 5 mois.	2 218 149	17 745 [illegible]
2180	20 février 1872.	5 août 1880.	311 486	8 ans 5 mois 1/2.	2 053 627	16 429 [illegible]
2174	27 mars 1870.	30 déc. 1880.	247 737	10 ans 9 mois.	1 633 330	13 066 [illegible]
2108	16 déc. 1874.	18 février 1881.	347 584	6 ans 2 mois.	2 291 621	18 332 [illegible]
2104	26 février 1874.	3 mars 1881.	390 259	7 ans.	2 572 978	20 583 [illegible]
2119	16 août 1876.	9 juillet 1881.	247 900	4 ans 11 mois.	1 634 405	13 075 [illegible]
2111	1er avril 1874.	11 sept. 1881.	367 479	7 ans 5 mois.	2 422 789	19 382 [illegible]
2152	12 avril 1874.	7 février 1882.	243 561	7 ans 10 mois.	1 605 798	12 846 [illegible]
2149	28 octobre 1873.	27 mars 1882.	304 618	8 ans 5 mois.	2 008 346	16 066 [illegible]
2112	8 juin 1876.	14 avril 1882.	313 489	5 ans 10 mois.	2 066 833	16 534 [illegible]
2102	18 février 1874.	24 mai 1882.	446 516	8 ans 3 mois.	2 943 880	23 551 [illegible]
2110	2 janvier 1875.	12 juin 1882	412 525	7 ans 5 mois.	2 719 777	21 758 [illegible]
2109	8 avril 1874.	4 juillet 1882.	408 122	8 ans 3 mois.	2 690 748	21 525 [illegible]
2101	21 février 1874.	26 juillet 1882.	449 652	8 ans 5 mois.	2 964 556	23 716 [illegible]
2176	23 août 1871.	30 octob. 1882.	316 294	11 ans 2 mois.	2 085 326	16 682 [illegible]
24	Totaux.		7 713 486	170 ans 8 mois 1/2.	50 791 621	406 332 [illegible]

Les machines **2152** *et* **2149** *ont des poches non embouties.*

Moyennes.

Parcours $\frac{7\,713\,486}{24} = 321\,395^{k},25.$

Durée $\frac{170\text{ a } 8\text{ m } 1/2}{24} =$ 85 mois 36 ou 7 ans 46 jours.

Combustible $\frac{50\,791^{t},621}{24} = 2\,116\,317^{k},54.$

Eau $\frac{406\,332\,968}{24} =$ 16 930 540 litres.

NUMÉROS des machines.	DATES de la mise en service.	DATES de la visite des poches de vidange.	PARCOURS effectués entre les deux dates.	DURÉE du service.	CONSOMMATION TOTALE. Combustible.	Eau.
			MACHINES SÉRIE 3100.			
			kilom.		kilogr.	litres.
3121	25 mars 1875.	10 avril 1879.	115 998	4 ans 1/2 mois.	1 275 978	10 207 824
3130	30 juin 1875.	8 sept 1879.	129 746	4 ans 2 mois 1/2.	1 427 206	11 417 648
3122	2 avril 1875.	29 octob. 1879.	126 133	4 ans 6 mois 1/2.	1 387 463	11 099 704
3133	27 juillet 1876.	1er sept. 1880.	106 206	4 ans 1 mois.	1 168 266	9 346 128
3129	3 juin 1875.	15 avril 1881.	183 527	5 ans 10 mois 1/2.	2 018 797	16 150 376
3128	20 juin 1875.	9 juillet 1881.	187 058	6 ans 1 mois.	2 057 638	16 461 104
3138	27 sept. 1876.	19 août 1882.	145 349	5 ans 11 mois.	1 598 839	12 790 712
3130	30 juin 1875.	30 octob. 1882.	223 932	7 ans 4 mois.	2 463 252	19 707 016
3125	5 mai 1875.	31 mai 1883.	197 566	8 ans 1/2 mois.	2 173 226	17 385 808
9	Totaux.		1 415 515	50 ans 1 mois 1/2.	15 570 665	124 565 320

Moyennes.

Parcours $\frac{1\,415\,515}{9} = 157\,279$ kilomètres.

Durée $\frac{50 \text{ a } 1 \text{ m } 1/2}{9} = 5$ ans 6 mois 23 jours.

Combustible $\frac{15\,570\,665}{9} = 1\,730\,073^k{,}88$

Eau $\frac{124\,565\,320}{9} = 13\,840\,591$ litres.

RÉSULTATS EN NOMBRES RONDS.

	MACHINES. Voyageurs.	Marchandises.
Durée du service...........	7 ans.	6 ans.
Parcours kilométrique........	320 000 kilomètres.	160 000 kilomètres.
Consommation de combustible....	2 100 tonnes.	1 700 tonnes.
Consommation d'eau........	17 000$^{m^3}$.	14 000$^{m^3}$.

Il résulte de l'examen de ces tableaux que les remplacements ont eu lieu en moyenne pour les machines à marchandises plus rapidement que pour les machines à voyageurs : on sait que l'emploi de la contre-vapeur est plus fréquent pour les premières machines que pour les dernières.

Afin de donner une idée exacte de ces corrosions, nous donnons, en demi-grandeur, une coupe prise sur la poche de vidange AR de la machine 2176, après un parcours de 316000 kilomètres (Pl. III, *fig.* 23).

Tels sont les résultats constatés pour les machines graissées avec de l'huile végétale.

Nous avons fait visiter, avec le plus grand soin, les plaques de vidange des deux machines 3090 et 3522, graissées à l'oléonaphte et ayant aujourd'hui des parcours de 70 000 et 20 000 kilomètres. Le résultat de cette visite a été le suivant :

Il n'y a pas trace de corrosion.

Comme contre-épreuve, nous avons fait visiter les plaques des machines 3089 et 3521 fournies par les mêmes usines que les machines 3090 et 3522 : ces plaques sont corrodées comme celles de toutes les autres machines graissées au colza, et nous donnons, en demi-grandeur, une coupe de chacune de ces plaques (Pl. III, *fig.* 24 *et* 25). Les corrosions atteignent, on le voit, 2 millimètres pour la machine 3521 et près de 3 millimètres pour la machine 3089.

Les parcours effectués par ces machines sont les suivants :

Machine 3521.	35.000 kilomètres.
Machine 3089.	113.000 kilomètres.

En présence de faits aussi précis, aussi nets, les conséquences heureuses que la théorie faisait prévoir pour l'emploi des huiles minérales, nous paraissent pratiquement confirmées.

Rendement des machines à tiroirs cylindriques. — Les pistons distributeurs présentent des organes multiples ayant chacun un rôle spécial à remplir : la nervure du segment, la sellette ou couvre-joint, les ressorts et chapeaux de centrage, sont soumis à des mouvement relatifs qui doivent rester libres. Il était évident, dès l'origine de nos essais, que les huiles végétales devaient être exclues du graissage des cylindres à cause des cambouis et des dépôts durs et adhérents qu'elles forment. Or il se trouve que les huiles minérales et spécialement les oléonaphtes dont l'emploi, dans les tiroirs et dans les cylindres, a été rendu possible par le fonctionnement des soupapes de rentrée d'air, non seulement ne donnent lieu à aucun dépôt nuisible, mais encore offrent la précieuse propriété de supprimer la principale cause des corrosions des chaudières.

Nous sommes donc bien autorisé à émettre l'avis, basé sur les faits constatés en service courant, que le problème des tiroirs cylindriques est pratiquement résolu.

Voici maintenant les conséquences de l'application de ces tiroirs, au point de vue de l'utilisation de la vapeur et du rendement en travail des machines locomotives.

Espace nuisible. — Avec les tiroirs à coquille ordinaires, l'espace nuisible, compris entre le piston à fond de course et la table du tiroir, présente un volume de 5 litres soit 1/20, environ de la capacité du cylindre moteur. Ce même espace nuisible est réduit à 2^{lit},400, soit 1/40 de la même capacité avec les tiroirs cylindriques.

Le poids de vapeur, à 9 kilogrammes de pression, nécessaire pour remplir cet espace nuisible, est, pour le premier cas de $5 \times 4,6 = 23$ grammes et pour le deuxième cas de $2,4 \times 4,6 = 11$ grammes.

La différence de ces poids de vapeur est de 12 grammes.

Ainsi pour chaque coup de piston, il y a dans l'espace

nuisible d'une machine à tiroirs cylindriques, 12 grammes de vapeur de moins que dans celui d'une machine à tiroirs plans.

Or, pour une admission moyenne de 30 à 35 p. 100, 4 grammes de vapeur, admis dans le cylindre moteur et agissant à pleine pression d'abord et par détente ensuite, produisent un travail au moins égal à celui de 12 grammes de vapeur de l'espace nuisible n'agissant que par détente. On peut donc compter sur une économie minimum de 8 grammes de vapeur par coup de piston, comme conséquence directe de la réduction de l'espace nuisible.

Surfaces de condensation. — Les expériences anciennes faites par M. Combes, et les expériences plus récentes et plus complètes de MM. Hirn et Hallauër, ont démontré d'une manière certaine que, dans les machines à vapeur, une partie notable de la vapeur sortant de la chaudière vient se condenser, pendant la période d'admission, dans les espaces nuisibles et dans les cylindres, au grand détriment du travail moteur. Nous avons constaté le même fait, d'une manière spéciale, pour les machines locomotives ; et de nombreux diagrammes, relevés depuis deux ans, nous ont permis de déterminer la marche et l'importance de ces condensations.

Les expériences ont toutes été faites sur la rampe de Rivarennes (ligne de Tours à Bressuire), rampe continue de 15 millimètres sur une longueur de 5^{kil},285.

Passage de la vapeur dans les cylindres. — Condensation et revaporisation. — Voici un diagramme ABCDE relevé sur la machine 3143, le 25 septembre 1882, face *N* du piston, côté droit (Pl. II, *fig.* 26). Sans nous occuper des premières cylindrées qui correspondent à un état variable, nous considérons la machine au moment où la vapeur passe par des

états périodiques identiques, tels que divers diagrammes successifs se superposent exactement.

La courbe ABCDE représente les pressions dans le cylindre, et la courbe *abcde* représente les poids de vapeur saturée (*espace nuisible compris*).

Pendant la période d'échappement de D en E, le cylindre contient de la vapeur et de l'eau à la température de 100 degrés. Cette vapeur, plus ou moins chargée d'eau, s'écoule par la tuyère d'échappement et ramène à 100 degrés les surfaces métalliques qu'elle lèche en s'échappant.

Au moment où l'échappement finit en E, le cylindre et l'espace nuisible contiennent ensemble environ 22 à 23 grammes de vapeur à 100 degrés. Pendant la période de compression, la température de la vapeur emprisonnée s'élève, en même temps que la paroi métallique qui l'enveloppe s'échauffe elle-même par le flux de chaleur qui a pénétré le métal pendant l'admission précédente.

Vers la température de 140 à 150 degrés, le flux de chaleur devient insuffisant et la vapeur se condense, comme l'indique très nettement la courbe du poids de vapeur. Quel que soit le volume de l'espace nuisible, cette condensation se produit toujours vers la même température.

Dès que le tiroir s'ouvre, la vapeur saturée de la chaudière vient se mettre en contact avec des parois métalliques relativement froides (*conduit de vapeur, fond de cylindre, face du piston, anneau cylindrique*). C'est pendant la période de l'avance à l'admission et du passage au point mort du piston qu'a lieu la majeure partie de la condensation. Cette condensation s'arrête un instant après le commencement de la détente, comme l'indique le diagramme. Le cylindre contient alors environ 50 à 60 grammes d'eau à l'état liquide.

Cette eau ruisselle le long des parois et tend à se réunir au bas du cylindre. Pendant la détente, la pression s'abaisse, une revaporisation partielle se produit la cha-

leur nécessaire est fournie en partie par l'eau elle-même, en partie par les parois métalliques avec lesquelles elle est en contact, c'est-à-dire principalement le bas du cylindre.

Sur le diagramme considéré, cette revaporisation correspond à 4 et 6 grammes.

Pendant la détente, la vapeur est relativement calme; au moment de l'avance à l'échappement, des mouvements tumultueux se produisent, une vaporisation considérable a lieu, l'eau est entraînée avec la vapeur, et les surfaces balayées par ce courant sont ramenées à la température de 100 degrés.

Détermination du poids de vapeur condensée et des fuites. — Si nous appelons A, le poids de vapeur saturée dans le cylindre à la fin de l'admission,

C, le poids de vapeur dans le cylindre à la fin de l'échappement,

φ, le poids de vapeur perdu par les fuites par quart de tour de roue,

H, le poids d'eau dans le cylindre à la fin de l'admission,

Q, le poids de vapeur et d'eau sorti de la chaudière pour chaque cylindrée, nous aurons l'égalité

$$Q = A - C + H + \varphi.$$

L'expérience directe donne la valeur de Q; la lecture du diagramme donne la valeur de A et de C; on en déduit $H + \varphi$, c'est-à-dire le poids de vapeur condensée par l'action des parois, depuis le commencement de la période de compression jusqu'à la fin de l'admission, y compris les fuites par les tiroirs et les segments des cylindres : la valeur de H comprend, en outre, le poids d'eau entraînée directement par la vapeur sortant de la chaudière. Nous avons tout lieu de croire que ce poids d'eau entraînée est très faible ; quoi qu'il en soit, nous avons ainsi déterminé un

grand nombre de valeurs de $(H + \varphi)$ pour diverses vitesses, diverses admissions et divers types de machines : nous avons déterminé directement les valeurs moyennes de φ sur les mêmes machines au repos, pour diverses positions des tiroirs et des pistons moteurs.

Nous donnons ci-après les formules générales qui résument nos expériences.

Nous désignons par :

d, le diamètre du cylindre exprimé en mètres;

s, la surface développée de l'espace nuisible, non compris le fond du cylindre et la face du piston;

N, le rapport de cette surface s à celle du fond du cylindre et du piston, de sorte que $N = \frac{s}{\frac{\pi d^2}{2}}$;

l, la longueur de la course du piston;

ε, la portion de cette course qui correspond à l'admission;

α, un coefficient à déterminer par expérience;

t_a, la température de la vapeur à l'origine de l'admission;

t_e, la température de la vapeur pendant l'échappement;

V, la vitesse en kilomètres par heure;

D, le diamètre des roues motrices.

La valeur moyenne de φ est donnée par l'expression

$$\varphi = 240 \frac{D}{V}.$$

Cette valeur dépend de l'état d'entretien des machines. Pour l'ensemble d'un dépôt comprenant 50 machines, nous avons trouvé pour maximum

$$\varphi = 330 \frac{D}{V},$$

et pour minimum

$$\varphi = 150\,\frac{D}{V}.$$

La valeur de H exprimée en grammes, ou en d'autres termes, le poids de l'eau à l'état liquide, contenu dans le cylindre à la fin de l'admission, est donné par la formule

$$H = \frac{8d^2}{100}\left(\frac{1+N}{2} + \alpha\,\frac{l}{d}\,\varepsilon\right)(t_a - t_e)^2 \sqrt[1/5]{\left(\frac{V}{D}\right)}.$$

Le rapport $\frac{l}{d}$ varie dans des limites peu étendues et nous avons trouvé dans nos expériences une valeur pour

$$\alpha\,\frac{l}{d}$$

peu différente de 1/2.

La formule devient donc pour les locomotives ayant des cylindres d'une capacité de 80 à 150 litres :

$$H = \frac{d^2}{25}(1 + N + \varepsilon)(t_a - 100)^2 \sqrt[1/5]{\left(\frac{V}{D}\right)}$$

Évaluation de l'eau revaporisée pendant la détente. — Le poids η de l'eau revaporisée pendant la période de détente est difficile à préciser; ce poids est du même ordre de grandeur que les fuites par les tiroirs et les segments des cylindres. L'examen d'un grand nombre de diagrammes nous a conduit aux expressions suivantes :

Pour les cylindres ordinaires:

$$\eta = 0{,}75\ H\,(0{,}60 - \varepsilon).$$

Pour les cylindres avec tiroirs cylindriques et enveloppe partielle de vapeur :

$$\eta = H\,(0{,}60 - \varepsilon).$$

Vapeur condensée dans les machines ordinaires. — Pour les machines à tiroirs plans, la valeur de N diffère peu de 1. Pour les machines à tiroirs cylindriques, la valeur de N est réduite à 0,40.

Si nous considérons les machines de la série 2000 avec tiroirs plans, marchant à la vitesse de 50 kilomètres, nous avons :

pour $\varepsilon = 0{,}20$, H = 52 grammes.
pour $\varepsilon = 0{,}30$, H = 55 —
pour $\varepsilon = 0{,}40$, H = 58 —
soit en moyenne 55 —

Vapeur condensée dans les machines modifiées. — Si nous considérons la même machine marchant à la même vitesse, avec tiroirs cylindriques, nous aurons :

pour $\varepsilon = 0{,}20$, H = 40 grammes.
pour $\varepsilon = 0{,}30$, H = 42 —
pour $\varepsilon = 0{,}40$, H = 44 —
soit en moyenne 42 —

L'emploi des tiroirs cylindriques, en diminuant les surfaces de condensation, a donc pour effet de diminuer de 13 grammes le poids de vapeur condensée par coup de piston.

Enveloppe de vapeur partielle. — Nous avons muni le cylindre moteur, à sa partie inférieure, d'une portion d'enveloppe de vapeur représentée en VV sur les figures 10 et 11. Grâce à cette disposition, la revaporisation, pendant la période de détente, est au moins égale, sinon supérieure à celle des machines à tiroirs plans, bien que, pour ces dernières, l'eau précipitée soit plus abondante de 13 grammes environ.

Économie de vapeur. — Ces 13 grammes constituent l'économie nette de vapeur réalisée pour chaque cylindrée,

par la simple réduction des surfaces de condensation. En les réunissant aux 8 grammes économisés par la réduction de l'espace nuisible, on obtient une économie totale de 21 grammes de vapeur par coup de piston, en faveur des machines munies de soupapes de rentrée d'air et de tiroirs cylindriques.

Or, pour l'admission de 30 p. 100, le poids de vapeur et d'eau sortant de la chaudière est le suivant :

Volume de l'admission, espace nuisible compris.	37 lit.
Poids de vapeur. . . . . $37 \times 4{,}6 =$	170 gr.
Poids d'eau à la fin de l'admission.	55 gr.
Fuites (valeur de φ)..	9 gr.
Total.	234 gr.
A déduire le poids de vapeur refoulée à la fin de l'échappement.	24 gr.
Reste.	210 gr.

Ces 210 grammes prélevés sur la chaudière, par coup de piston, produisent environ 4 tonnes-mètres de travail indiqué dans une machine ordinaire à tiroirs plans.

Pour produire le même travail dans la même machine, modifiée et munie de tiroirs cylindriques, la dépense de vapeur serait diminuée de 21 grammes.

L'économie de vapeur pour un même *travail indique* peut être évaluée à $\frac{21}{210}$ ou exactement 10 p. 100.

En d'autres termes, si nous désignons par

$$W$$

le travail indiqué correspondant à une dépense de 1 kilogramme de vapeur et d'eau sortant de la chaudière d'une machine ordinaire, la même dépense de vapeur et d'eau pour une machine à tiroirs cylindriques, produira un travail indiqué égal à $\frac{1\,000}{900}\,W = 1{,}11\ W$.

Le rendement en travail indiqué se trouve donc augmenté de 11 p. 100.

Résistance de la machine et du tender. — Nous avons fait une série d'expériences pour déterminer la résistance, par tonne, de l'ensemble d'une machine avec son tender, en fonction du travail indiqué, résistance due aux frottements intérieurs, à la voie et à la résistance de l'air.

Si nous désignons par E le travail indiqué ramené au mètre de parcours sur la voie,

par R la résistance cherchée (exprimée en kilogrammes),

par V la vitesse de la machine en kilomètres par heure,

par K une constante dépendant du type de la machine,

nous avons la formule

$$R = K + \frac{3,5E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2$$

pour les machines avec tiroirs plans, et

$$R = \frac{9K}{10} + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2$$

pour les machines avec tiroirs cylindriques.

Les valeurs de K sont les suivantes :

K = 2 kilogr. pour les machines de la série 2000 (4 roues couplées de 2^m,010 de diamètre).

K = 3 kilogr. pour les machines de la série 3000 (6 roues couplées de 1^m,500 de diamètre).

K = 3^k,3 pour les machines de la série 3100 (6 roues couplées de 1^m,320 de diamètre).

K = 4 kilogr. pour les machines de la série 4000 (8 roues couplées de 1^m,270 de diamètre).

Ces valeurs de K correspondent à la marche avec régulateur ouvert.

Pour un même travail indiqué E, la traction ε_p disponible

pour remorquer les véhicules, en supposant la voie horizontale, sera :

1° Pour une machine à tiroirs plans pesant avec le tender 50 tonnes,

$$\varepsilon_p = E - \left\{ K + \frac{3,5E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2 \right\} 50;$$

2° Pour la même machine munie de tiroirs cylindriques,

$$\varepsilon'_p = E - \left\{ \frac{9K}{10} + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2 \right\} 50.$$

La différence entre ces deux expressions est égale à :

$$5\,K + \frac{75 \times E}{1000} = 0,075\,E + 5K.$$

Il résulte de là que pour un même travail indiqué, le travail utile est plus élevé pour la machine à tiroirs cylindriques, et que la différence est égale à 7,5 p. 100 du travail indiqué, + 5 K.

Comme d'autre part le rendement en travail indiqué, pour un même poids de vapeur, est plus élevé de 11 p. 100, on peut conclure que le rendement en travail utile est plus élevé au moins de 18,5 p. 100, lorsqu'on transforme une machine locomotive en y adaptant des soupapes de rentrée d'air et en substituant aux tiroirs plans des tiroirs cylindriques.

Rendement déduit d'expériences directes. — Nous réunissons dans le tableau ci-après les résultats de 28 expériences faites à diverses époques sur des machines, les unes non modifiées, les autres munies de tiroirs cylindriques et de soupapes de rentrée d'air.

Les trains partaient de la gare de Rivarennes et arrivaient avec les vitesses indiquées au sommet de la rampe de 15 millimètres, qui suit cette gare, et qui présente 5 285 mètres de développement.

Le régulateur était fermé au sommet de la rampe, de manière à arrêter toute dépense de vapeur. On alimentait ensuite la chaudière et on rétablissait le même niveau d'eau et la même pression qu'au point de départ. Enfin on constatait le volume d'eau prélevé sur le tender pour franchir la rampe, et on déduisait la dépense d'eau pour chaque tonne du poids brut du train (machine et tender compris). Le tender d'expérience était muni de chaque côté de tubes de niveau d'eau gradués d'une manière très exacte.

NUMÉROS d'ordre.	DATES.	NUMÉRO de la machine.	VITESSE.	POIDS. Machine et tender.	Véhicules.	Train.	EAU DÉPENSÉE par train.	par tonne.	Poids moyen d'un train en nombres ronds.	Eau dépensée par tonne en [illegible]
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
MACHINES MUNIES DE SOUPAPES DE RENTRÉE D'AIR ET DE TIROIRS CYLINDRIQUES (*).										
			kilom.	ton.	ton.	ton.	litres	litres	ton.	[illegible]
1	10 août 1883.	2077	42	51,200	37,670	89,870	530	5,897	90	[illegible]
2	3 avril 1882.	3090	18	50 »	63, »	113, »	620	5,486	113	[illegible]
3	9 août 1883.	2079	38	53,200	72,700	125,900	650	5,158		
4	22 août 1883.	2080	38	49,700	76,690	126,390	640	5,063		
5	8 août 1883.	2076	44	52,200	76,100	128,300	670	5,222	134	[illegible]
6	16 mai 1883.	2070	35	54,200	82,600	136,800	685	5,007		
7	23 août 1883.	2083	36	51,700	89,870	141,570	750	5,225		
8	14 mai 1883.	3090	32	51,700	92,700	144,400	736	5,097		
9	9 mai 1882.	3090	20	50, »	183, »	233, »	1 100	4,721		
10	17 mai 1882.	3090	20	49,700	193,300	243, »	1 110	4,567	250	[illegible]
11	8 juin 1882.	3090	20	48,200	224,800	273, »	1 260	4,615		
MACHINES A TIROIRS PLANS NON MODIFIÉES.										
12	19 mai 1880.	2028	17	55, »	0, »	55, »	399	7 254		
13	20 mai 1880.	2028	23	51, »	0, »	51, »	373	7 313	52	[illegible]
14	20 mai 1880.	2028	21	50, »	0, »	50, »	368	7 360		
15	19 juin 1883.	2004	47	47,900	31,100	79, »	505	6 385		
16	24 juillet 1883.	2051	43	52,700	31,200	83,900	642	7 652	90	[illegible]
17	13 août 1883.	2049	38	51, »	57,600	108,600	680	6 261		
18	18 août 1883.	2051	40	52,200	58,875	111,075	615	5 540		
19	21 juillet 1883.	2040	43	51,200	63,200	114,400	780	6 818	113	[illegible]
20	16 août 1883.	2048	44	51,200	74,980	126,180	715	5 666		
21	19 juillet 1883.	2049	35	54,700	73,500	128,200	815	6 367		
22	11 août 1883.	2052	40	50,200	79,620	129,820	815	6 285	131	[illegible]
23	20 août 1883.	2030	32	50,200	81,710	131,910	680	5 151		
24	21 août 1883.	2009	35	52,500	83,360	135,860	925	6 809		
25	17 février 1883.	3143	20	53,100	185,900	239, »	1 309	5 477		
26	20 juin 1883.	3143	15	50,500	203,500	254, »	1 390	5 472	250	[illegible]
27	25 sept. 1882.	3143	15	52,200	203,800	256, »	1 500	5 859		
28	24 mai 1883.	3143	15	50,500	255,500	306, »	1 635	5 343	306	[illegible]

(*) Toutes ces expériences, sans exception, ont été faites avec beaucoup de soin par M. Th[illegible] inspecteur de traction aux chemins de fer de l'État.

Dans les colonnes 10 et 11 du tableau qui précède, nous avons groupé les expériences de manière à faire ressortir, pour les machines modifiées et pour les autres, des consommations moyennes d'eau applicables à des trains de poids moyen presque identiques.

Nous mettrons en regard les chiffres correspondants inscrits dans les colonnes 10 et 11 pour faire saisir d'un coup d'œil l'économie de vapeur réalisée par les machines

modifiées, avec les trains les plus légers, comme avec les trains les plus lourds.

Poids des trains		90ᵗ	113ᵗ	131 à 134ᵗ	250ᵗ
Eau dépensée par tonne du poids brut du train.	Machines ordinaires	6.77	6.18	6.05	5.60
	Machines modifiées	5.90	5.49	5.13	4.63
Économie en faveur des machines modifiées		0,87	0.69	0.92	0.97
Économie p. 100 sur la dépense des machines ordinaires		12.85	11.16	15.21	17.32
Économie p. 100. — Valeur moyenne		14.14			

Il résulte de ce tableau que, pour produire un même travail utile (transport d'un train au sommet d'une rampe), si l'on dépense 100 litres d'eau avec les machines ordinaires, on ne dépense en moyenne, avec les machines modifiées, que $100 - 14,14 = 86^{\text{lit}},86$: en d'autres termes, si nous désignons par τ le travail utile correspondant à 100 litres d'eau sortant de la chaudière d'une machine ordinaire, la même dépense, pour une machine modifiée produira un travail égal à $\frac{100}{85,86}\tau = 1,165\tau$. — Le rendement en travail utile sera donc augmenté de 16,5 p. 100. Le chiffre prévu était de 18,5 p. 100.

Pour neuf expériences les diagrammes ont été relevés avec l'indicateur de Watt (système Martin).

Nous donnons dans les deux tableaux ci-après les résultats obtenus : quatre expériences se rapportent à la machine n° 3 090, avec tiroirs cylindriques : elles font l'objet du premier tableau. Cinq expériences se rapportent à la machine n° 3 143 avec tiroirs plans ordinaires, elles font l'objet du deuxième tableau.

TABLEAU N° 1.

MACHINE N° 3090.

Munie de soupapes de rentrée d'air et de tiroirs cylindriques.

Rampe de Rivarennes. — 15 millimètres par mètre.

		3 AVRIL 1882	9 MAI 1882.	17 MAI 1882.	8 JUIN 1882.	OBSERVATIONS.
1.	Machine et tender. — Poids	50.	50.	49.7	48.2	Toutes ces expériences ont été faites par un temps calme. L'influence du vent était négligeable.
2.	Véhicules. — Poids	63.	183.	193.3	224.8	
3.	Poids total du train	113.	233.	243.	273.	
4.	Vitesse	18.	20.	20.	21.	
5.	Consommation d'eau totale	620.	1100.	1110.	1260.	
6.	Nombre de cylindrées	4577.	4577.	4577.	4577.	
7.	Travail indiqué par cylindrée	2581.	5343.	5580.	6159.	
8.	Quart de la circonférence du bandage (roue motrice)	1.155	1.155	1.155	1.155	
9.	Travail indiqué par mètre courant E	2235.	4626.	4831.	5332	
10.	Consommation d'eau par cylindrée Q	135.5	240.33	242.50	275.30	
11.	Consommation d'eau par tonne-mètre de travail indiqué	52.4	44.9	43.5	44.7	
12.	Consommation d'eau par tonne de train	5.486	4.721	4.567	4.615	
13.	Poids de vapeur — fin admission (par cylindrée) A	101.9	195.85	194.90	227.20	
14.	Poids de vapeur — fin échappement (par cylindrée) C	32.	19.20	20.20	17.30	
15.	Poids d'eau — fin admission (par cylindrée) $H + \varphi$	65.6	63.68	67.80	65.40	
16.	Résistance par tonne de la machine et du tender	7.50	13.68	14.10	13.50	
17.	Résistance calculée $\left\{\frac{9K}{10} + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2\right\}$	7.98	12.95	13.36	14.40	
18.	Eau vaporisée pendant la détente (par cylindrée)	13.22	12.58	13.27	11.50	
19.	Consommation d'eau par cheval indiqué et par heure	14.148	12.123	11.745	12.069	
20.	Combustible par cheval-vapeur et par heure	1.768	1.515	1.468	1.509	
21.	Travail résistant de la machine et du tender	375.	684.	703.	654.	
22.	Travail utile = (9) — (21)	1860.	3912.	4128.	4678.	
23.	Rapport du travail utile au travail indiqué $\frac{(22)}{(9)}$	0.832	0.852	0.854	0.877	

TABLEAU N° 2.

MACHINE N° 3143.

Non modifiée.

Rampe de Rivarennes. — 15 *millimètres par mètre.*

	18 SEPTEMBRE 1882.	26 SEPTEMBRE 1882.	20 JANVIER 1883.	17 FÉVRIER 1883.	24 MAI 1883.	OBSERVATIONS.
1. Machine et tender. — Poids	53.	52.2	50.5	53.1	50.5	Toutes ces expériences ont été faites par un temps calme. — L'influence du vent était négligeable. — Pour l'expérience du 18 septembre 1882, il n'a pas été possible de constater la consommation d'eau au tender. Nous donnons en appendice (voir note C) les diagrammes et les calculs relatifs à l'expérience du 24 mai 1883, à titre de spécimen.
2. Véhicules. — Poids	129.	203.8	203.5	185.9	255.5	
3. Poids total du train	182.	256.	254.	239.	306.	
4. Vitesse	18.	15.	15.	20.	15.	
5. Consommation d'eau totale	«	1500.	1390.	1309.	1635.	
6. Nombre de cylindrées	5285.	5285.	5285.	5285.	5285.	
7. Travail indiqué par cylindrée	4098.	5580.	5466.	4962.	6520.	
8. Quart de la circonférence du bandage (roue motrice)	1.	1.	1.	1.	1.	
9. Travail indiqué par mètre courant E	4098.	5580.	5466.	4962.	6520.	
10. Consommation d'eau par cylindrée Q	»	284.0	263.0	247.7	309.4	
11. Consommation d'eau par tonne—mètre de travail indiqué	»	51.	48.10	49.92	47.5	
12. Consommation d'eau par tonne de train	»	5.859	5.472	5.477	5.343	
13. Poids de vapeur-fin admission — (par cylindrée) A	145.7	218.1	212.5	197,0	254.12	
14. Poids de vapeur-fin échappement — (par cylindrée) C	27.7	23.1	20.5	23.0	18.25	
15. Poids d'eau — fin admission — (par cylindrée) $H + \varphi$	»	89.0	71.0	73.7	73.5	
16. Résistance par tonne de la machine et du tender	20.62	24.04	23.16	17.20	26.22	
17. Résistance calculée $\left(K + \frac{3,5\,E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2\right)$	18.46	23.49	23.10	21.40	26.70	
18. Eau vaporisée pendant la détente (par cylindrée)	10.44	5.15	6.10	5.86	1.75	
19. Consommation d'eau par cheval-vapeur indiqué et par heure	»	13.77	12.987	13.478	12.825	
20. Combustible par cheval-vapeur et par heure	»	1.721	1.623	1.685	1.603	
21. Travail résistant de la machine et du tender	1093.	1255.	1170.	912.	1324.	
22. Travail utile = (9) — (21)	3005.	4325.	4296.	4050.	5196.	
23. Rapport du travail utile au travail indiqué $\frac{(22)}{(9)}$	0.733	0.775	0.785	0.816	0.797	

Pour établir une comparaison rationnelle entre les résultats obtenus avec ces deux machines, dont les cylindres ont même volume, il faut rapprocher les données relatives à des trains ayant à peu près le même poids.

Pour la machine n° 3 090, les expériences des 9, 17 mai et 8 juin 1882 correspondent à trois trains ayant respectivement les poids de 233, 243 et 273 tonnes.

Le poids moyen de ces trois trains est de :

$$\frac{233 + 243 + 273}{3} = \frac{749}{3} = 249,67.$$

Pour la machine n° 3 143, les expériences des 25 septembre 1882, 20 janvier et 17 février 1883, correspondent à trois trains ayant respectivement les poids de 256, 254, 239 tonnes.

Le poids moyen de ces trois trains est de :

$$\frac{256 + 254 + 239}{3} = \frac{749}{3} = 249.67,$$

c'est-à-dire exactement le même que pour la machine n° 3090.

Nous mettons en regard, dans un troisième tableau, les moyennes des trois expériences de la machine n° 3 090 et les moyennes des trois expériences de la machine n° 3 143. La comparaison portera ainsi sur deux trains moyens de même poids, et chaque chiffre résultant de la moyenne de trois autres, sera moins influencé que pour une expérience isolée par les erreurs accidentelles.

TABLEAU N° 3.

COMPARAISON DES MACHINES 3090 ET 3143.

		MACHINE 3090 modifiée.	MACHINE 3143 non modifiée.
1.	Machine et tender. — Poids.	49.30	51.93
2.	Véhicules. — Poids.	200.37	197.74
3.	Poids total du train.	249.67	249.67
4.	Vitesse.	20.3	16.7
5.	Consommation d'eau totale.	1156.7	1399.7
6.	Nombre de cylindrées.	4577.	5285.
7.	Travail indiqué par cylindrée.	5694.	5336.
8.	Quart de la circonférence du bandage (roue motrice.).	1.155	1.000
9.	Travail indiqué par mètre courant E.	4930.	5336.
10.	Consommation d'eau par cylindrée Q.	252.71	264.9
11.	Consommation d'eau par tonne-mètre de travail indiqué.	44.37	49.67
12.	Consommation d'eau par tonne de train.	4.634	5.603
13.	Poids de vapeur — fin admission — (par cylindrée) A.	205 98	209.20
14.	Poids de vapeur — fin écnappement — (par cylindrée) C.	18.90	22.20
15.	Poids d'eau — fin admission — (par cylindrée) $H + \varphi$.	65.63	77.90
16.	Résistance par tonne de la machine et du tender.	13.83	21.47
17.	Résistance calculée : $\left\{ \frac{9K}{10} + \frac{2E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2 \right\}$ et $\left(K + \frac{3,5E}{1000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2\right)$.	13.60	22.79
18.	Eau vaporisée pendant la détente (par cylindrée).	12.45	5.70
19.	Consommation d'eau par cheval-vapeur indiqué et par heure.	11.979	13.412
20.	Combustible par cheval-vapeur et par heure.	1.497	1.676
21.	Travail résistant de la machine et du tender.	682.	1115.
22.	Travail utile = (9) — (21).	4248.	4221.
23.	Rapport du travail utile au travail indiqué = $\frac{(22)}{(9)}$.	0.862	0.791

La consommation d'eau par tonne-mètre de travail indiqué
est de $44^{gr},37$ pour la machine 3090
et de $49^{gr},67$ pour la machine 3143. L'économie d'eau
est égale à la différence,
soit $5^{gr},30$.

Cette économie correspond à $\frac{5,30}{49,67}$, soit 10,6 p. 100 de la consommation de la machine non modifiée

Le poids d'eau qui se trouve à la fin de l'admission dans le cylindre, augmenté du poids des fuites, est de 65,63 pour la machine 3090 et de 77,90 pour la machine non modifiée. La différence est de 12gr,27 en faveur de la machine modifiée. Nous avions évalué cette différence à 13 grammes environ. Il y a donc une moindre condensation dans les cylindres modifiés. Enfin, le poids de l'eau vaporisée pendant la détente est de 12gr,45 pour la machine modifiée et de 5gr,70 pour la machine non modifiée. La revaporisation est donc plus abondante dans la machine modifiée.

La résistance par tonne de la machine et du tender est de 13k,83 pour la machine n° 3090,
et de 21k,47 pour la machine n° 3143.

Ces chiffres mettent bien en évidence l'énorme avantage que présente, au point de vue des frottements, l'application des tiroirs cylindriques.

Le tableau donne les consommations d'eau et de combustible par cheval-vapeur indiqué et par heure.

La dépense du mélange de vapeur et d'eau, en service courant, correspond en moyenne à 8 kilogrammes d'eau sortant de la chaudière pour une consommation de 1 kilogramme de combustible dans le foyer.

Si nous considérons comme travail utile le travail nécessaire pour élever une tonne du train au sommet de la rampe, la dépense en eau est de :

4lit,634 pour la machine 3090,
et de. . . . . 5lit,603 pour la machine 3143.

La différence, 0lit,069, correspond à $\frac{9690}{5603} = 17,3$ p. 100 de la consommation de la machine 3143.

D'après cela, le rendement en travail utile d'un même poids de vapeur étant 100 pour la machine 3143, deviendra pour la machine 3090 :

$$100 \times \frac{100}{100 - 17,3} = 100 \times \frac{100}{82,7} = 100 \times 1,209 = 120,9.$$

Le rendement en travail utile, par suite de l'application des soupapes et des tiroirs cylindriqnes, se trouve donc augmenté de : 20,9 p. 100
dans les expériences spéciales dont nous venons de donner tous les détails.

L'ensemble de nos expériences citées précédemment nous avait donné : 16,5 p. 100
pour l'augmentation du rendement en travail utile évalué de la même manière. L'augmentation prévue était de 18,5 p. 100.

Conclusion. — Les développements dans lesquels nous sommes entré pour mettre en évidence les inconvénients de la marche, avec régulateur fermé, des locomotives ordinaires (chap. I),

L'exposé des modifications radicales, introduites dans cette marche, par l'application des soupapes de rentrée d'air et des tiroirs équilibrés ou suspendus (chap. II),

Enfin l'énumération des faits constatés depuis dix-huit mois sur les premières machines transformées (chap. III), nous paraissent de nature à revêtir de tous les caractères d'une démonstration à la fois rationnelle et expérimentale, les résultats que nous avons successivement consignés au cours de ce mémoire, et qui se résument comme il suit :

1° La locomotive *modifiée*, marchant avec régulateur fermé, est traversée par un courant d'air pur et transformée en *machine soufflante;* la conduite du feu est plus facile et la production de vapeur plus abondante.

2° L'usure des tiroirs et des cylindres est réduite dans une large mesure.

3° Il en est de même des frais d'entretien de toutes les pièces de la distribution, depuis les colliers d'excentrique jusqu'aux tables des tiroirs.

4° Les mécaniciens manœuvrent le levier de changement de marche avec une extraordinaire facilité, même lorsqu'ils conduisent les locomotives les plus puissantes, du poids de 54 tonnes, à 8 roues couplées.

5° Le graissage est assuré exclusivement et très économiquement avec des huiles minérales pures; comme conséquence, les dépôts charbonneux sont complètement évités sur les fonds des cylindres, les faces des pistons, les lumières, les conduits de vapeur et les valves de l'échappement.

6° La principale cause des corrosions des tôles des chaudières est supprimée.

7° Le problème des tiroirs cylindriques est pratiquement résolu.

8° A toutes ces améliorations réunies, se superpose une augmentation de plus de 16 p. 100, comparativement aux machines ordinaires, dans le rendement en travail utile pour une même dépense d'eau et de vapeur.

Tours, le 20 septembre 1883.

APPENDICE

NOTES DIVERSES.

NOTE A.

Depuis que ce mémoire est écrit, nous avons fait analyser le résidu du lavage des chaudières des machines locomotives 3099 et 3506, en service sur la ligné de Clermont à Tulle.

Voici les résultats constatés :

	achine 3099.	Machine 3506.
Silice	22,5	25,25
Alumine	trace	trace
Peroxyde de fer	15,0	15,00
Cuivre	0,28	0,17
Carbonate de chaux	62,0	59,40
Sulfate de chaux	trace	trace
Sels de magnésie	trace	trace
Perte	0,22	0,18
	100.	100.

La présence du cuivre dans les chaudières se trouve ainsi directement démontrée.

Les deux machines n°s 3099 et 3506 n'ont pas été modifiées; elles ont des tiroirs plans en bronze.

NOTE B.

Pour nous rendre compte de l'épaisseur des dépôts charbonneux, nous avons fait examiner avec soin diverses machines du dépôt de Tours. Voici les réponses aux questions que nous avons posées :

1° En moyenne, au bout de quel parcours est-on obligé de nettoyer les conduits de vapeur et les valves de l'échappement en brûlant les dépôts charbonneux formés par le graissage ?

Il faut brûler les conduits de vapeur après un parcours d'environ 30 000 kilomètres, soit une fois par an, à peu près.

2° Quelle est l'épaisseur moyenne, au bout d'un an de service par exemple, sur les fonds de cylindre, sur les faces des pistons, dans les conduits de vapeur des lumières, dans les conduits de l'échappement?

Sur les fonds des cylindres, l'épaisseur moyenne est d'environ 2 millimètres et demi à 3 millimètres.

Sur les faces des pistons 1 millimètre et demi à 2 millimètres.

Dans les tuyaux d'échappement, 7 à 9 millimètres.

Dans la partie en fonte du tuyau d'échappement, l'épaisseur moyenne comprise entre les points *a* et *b*, est d'environ 18 millimètres (Pl. III, *fig.* 27).

Dans les lumières d'admission de 2 millimètres et demi à 3 millimètres.

Le volume des dépôts calculé d'après ces données, correspond à 10 litres.

NOTE C.

EXPÉRIENCES.

TRAIN N° 1023 DU 24 MAI 1883.

Rampe de Rivarennes.

Temps magnifique, très chaud.

Pression de la chaudière : variable entre 8 kilogrammes et demi et 9 kilogrammes.

Nombre de véhicules remorqués		31
Poids des véhicules		255 5
Poids de la machine	36 200	50 5
Poids du tender — vide	10 700	
Poids du tender — eau	2 000	
Poids du tender — charbon	1 600	
Poids total du train		306 »
Vitesse moyenne		15 kilom.
Consommation d'eau mesurée au tender		1 635 lit.
Nombre de cylindrées		5 285.
Consommation d'eau par cylindrée $\frac{1\,635}{5\,285} =$		$309^{gr},4$
Consommation d'eau par tonne de train $\frac{1\,635}{306} =$		$5^{lit},343$.
Travail moyen indiqué par cylindrée		$6^{tm},520$.
Consommation d'eau par tonne-mètre de travail indiqué $\frac{309,4}{6,520} =$		$47^{gr},5$.

CALCUL DES DIAGRAMMES.

DÉSIGNATION des CYLINDRES.	NUMÉROS des diagrammes.	FACES des pistons.	TRAVAIL indiqué.	POIDS DE VAPEUR. FIN admission.	FIN détente.	FIN échappement.
			t.m.	gr.	gr.	gr.
Cylindre CG..	1.	AV	6.322	236.5	237.5	16.5
		AR	6.805	276.	278.5	17.5
	2.	AV	6.542	246.5	248.	18.
		AR	7.102	282.	284.	18.
Cylindre CD..	3.	AV	6.528	256.5	256.5	18.5
		AR	6 363	254.	256.	20.
	4.	AV	6.310	241.5	241.	19.
		AR	6 168	240.	245.5	18.5
Totaux.		8.	52.160	2033.	2047.	146.
Moyennes par cylindrée.			6.520	254.12	255.88	18.25

Diamètre des bandages au point de contact. . . . $1^{m},273$.
Circonférence de roulement. . . . . 4 mètres.
Espace parcouru par cylindrée. . . . . . . 1 mètre.
Travail indiqué par mètre courant. . . . . . $6^{tm},520 = E$.
Poids de vapeur, fin admission, par cylindrée. $254^{gr},12 = A$
Poids de vapeur, fin détente, par cylindrée. $255^{gr},87$.
Eau vaporisée pendant la détente, par cylindrée. $1^{gr},75$.

Poids d'eau par cylindrée.. . . . . . . $Q =$ 309,40
Poids de vapeur, fin admission.. . . . $A =$ 254,12
Poids de vapeur, fin échappement. . . $C =$ 18,25
Poids d'eau, fin admission et fuites $(\varphi + H)$
$= Q + C - A =$. 73,53

RÉSISTANCE PAR TONNE DE LA MACHINE ET DU TENDER

Abstraction faite de la composante de la pesanteur.

Traction à la jante, travail indiqué.	6 520 kil.
Traction due à la charge remorquée. 255,5 × 17.375 =.	4 439
Reste pour la machine et le tender.	2 081 kil.
A déduire pour la composante de la pesanteur 50,5 × 15 =.	757
Reste pour la résistance propre de la machine et du tender.	1 324
Soit par tonne, pour la machine et le tender $\frac{1\,324}{50,5}$ =.	$26^k,22$
La même résistance évaluée par la formule $K + \frac{3,5\,E}{1\,000} + \left(\frac{V}{20}\right)^2$ (voir page 51) donne	$26^k,70$

La résistance par tonne des véhicules remorqués a été évaluée à $2^k,375$ par application de la formule $R = 2$ kil. $+ \frac{V}{40}$, dans laquelle V représente les vitesses en kilomètres par heure : les $2^k,375$ ajoutés à la composante de la pesanteur 15 kil. donnent $17^k,375$ kil. : le poids remorqué étant de $255^t,5$, la traction correspondante est égale à

$$255,5 \times 17,375 = 4\,439.$$

CONSOMMATION D'EAU PAR CHEVAL-VAPEUR INDIQUÉ ET PAR HEURE.

Le travail d'un cheval-vapeur par heure correspond à 270 tonnes-mètres. La consommation d'eau par tonne-mètre étant de $47^{gr},5$, la consommation par cheval-vapeur sera :

$$47,5 \times 270 = 12\,825, \text{ soit } 12^{lit},825.$$

Consommation du combustible $\frac{12^{l},825}{8} = 1^{k},603$.

Si on convient d'appeler travail utile le travail indiqué, diminué du travail absorbé par la résistance propre de la machine et du tender, nous pourrons établir le rapport du travail utile au travail indiqué de la manière suivante :

Travail utile. . . . 6 520 — 1 324 = 5 196
Travail indiqué. 6 520
Rapport. . . . . $\frac{5\,196}{6\,520} = 0\,797$.

NOTE D.

Nos expériences sur la résistance des trains ont nettement mis en évidence les variations dues à l'inclinaison de la voie, indépendamment de la composante de la pesanteur.

La résistance R, par tonne de train, déduction faite de la composante de la pesanteur, est toutes choses égales d'ailleurs, plus grande sur les pentes, plus faible sur les rampes.

Un appareil spécial nous a permis de relever les mouvements verticaux des essieux au passage des joints.

Pour des vitesses de 50 à 80 kilomètres, les roues bondissent de 1 demi-millimètre à 5 millimètres au passage de chaque joint sur des voies en bon état avec joint en porte-à-faux. Les chocs sont plus accentués lorsque les joints sont appuyés sur les traverses.

De cette simple constatation découlent les conséquences suivantes :

1° Soit h la hauteur de soulèvement d'une roue au passage d'un joint,

x la distance à laquelle la roue retombe sur le rail et

ω la vitesse du train en mètres par 1 seconde,

on a moyennement

$$x = \omega \sqrt{\frac{h}{7}}.$$

2° Soit l la longueur des rails, la portion de la résistance R due aux joints a pour valeur

$$\rho = 1000 \frac{h}{l} \text{ en palier.}$$

3° Soit i la déclivité de la voie, les valeurs de ρ deviennent approximativement

$$\rho = 1000 \frac{h - ix}{l} \text{ en rampe,}$$

$$\rho = 1000 \frac{h + ix}{l} \text{ en pente.}$$

4° Les hauteurs de chute des roues sur les rails étant de $h - ix$ en rampe,
de $h + ix$ en pente,
les ruptures de rails dues aux chocs sont beaucoup plus nombreuses sur les pentes que sur les rampes.

5° Les chocs étant plus accentués lorsque les joints reposent sur les traverses, les ruptures de rails sont également plus nombreuses pour ces voies que pour celles avec joints en porte-à-faux.

6° Les chocs successifs des roues d'avant des machines, contre des rails non encore chargés, produisent un déplacement progressif en avant de ces rails, d'autant plus prononcé que ces rails sont plus courts et plus légers.

7° La pression d'une roue sur le rail est nulle aussitôt après le choc, puisque la roue est soulevée : il estdoncc très important de rendre les joints concordants, afin d'éviter la torsion des essieux et la tendance au mouvement de lacet.

8° Une amélioration considérable est réalisée dans les voies par l'augmentation de la longueur des rails. La longueur actuelle des rails peut en général être doublée.

9° Avec un peu d'habitude, on compte facilement les chocs au passage des joints : le nombre $\underline{n}$ de chocs pendant une durée, en secondes, de

3,6 $\times \underline{l}$ (l étant la longueur du rail en mètres)

donne exactement la vitesse des trains, en kilomètres, par heure :

$$V = n.$$

TABLE DES MATIÈRES

CHAPITRE III. — RÉSULTATS PRATIQUES.

Examen spécial des machines avec soupapes de rentrée d'air et tiroirs cylindriques.

COMMISSION D'ÉTUDE

DES MOYENS PROPRES A PRÉVENIR LES EXPLOSIONS DE GRISOU

DANS LES HOUILLÈRES

ANALYSE SYNOPTIQUE

DES RAPPORTS OFFICIELS

SUR LES

ACCIDENTS DE GRISOU EN FRANCE

DE 1817 A 1881

DRESSÉE AU NOM DE LA COMMISSION

Par MM. JULES PETITDIDIER et CHARLES LALLEMAND
Ingénieurs au corps des Mines.

Quatrième fascicule (*).

NOTE PRÉLIMINAIRE

Le présent fascicule termine la *Statistique des accidents de grisou dans la région houillère de la Loire*, qui a rempli déjà les deux livraisons précédentes.

Il comprend 203 accidents, répartis dans les 21 concessions du Plat-de-Gier, Saint-Chamond, Villebœuf, la Grand'Croix, le Martoret, la Porchère, Reveux, la Faverge, Unieux et Fraisse, Montieux, le Sardon, Collenon-Lacappe, Tartaras, Combes et Egarandes, Couzon, Saint-Jean-de-Bonnefond, Côte-Thiollière, la Calaminière, le Reclus, le Gourd'Marin et le Janon, toutes situées dans le bassin de la Loire.

De plus, 3 accidents qui avaient été omis à leur place dans la concession de la Béraudière, ont été insérés en *erratum* à la fin de la présente livraison.

Aucune explosion n'a été signalée dans les bassins, d'ailleurs peu importants, de Sainte-Foix l'Argentière, de Communay et du Roannais, appartenant au même groupe géographique que le bassin de la Loire.

Paris, le 1er avril 1884.

(*) Voir, pour les trois premiers fascicules, *Annales des mines*, 1882, 1er vol., p. 293, et 2e vol., p. 393, et 1883, 2e vol., p. 67.

STATISTIQUE DES

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

13. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
252	1855 24 Novembre	Puits St-Jean. — Grande couche.	»	2 Brûlés légèrement.	38	1.687	Vide produit par un petit éboulement au toit d'une galerie.	Lampe à feu nu.	Imprudence du sous-gouverneur, qui ne s'était pas assuré, si un éboulement survenu au toit d'une galerie, avait déterminé un dégagement de gaz et qui a approché une lampe à feu nu de l'excavation produite.
253	1858 3 Septembre	Id.	»	1 Brûlé légèrement.	66	5.349	Suspension de travail de 3/4 d'heure dans un chantier.	Id.	Imprudence des ouvriers qui, après une absence de 3/4 d'heure, étaient rentrés dans leur chantier avec des lampes à feu nu, sans le visiter préalablement avec la lampe de sûreté.
254	1873 14 Juin	Puits St-Privat.	1 Brûlé.	»	137	3.127	Niveau en percement entre deux remontées voisines, de 50 m de longueur, aéré au moyen de caisses en bois	Lampe de sûreté ouverte.	Imprudence de la victime qui avait ouvert sa lampe de sûreté. Négligence du sous-gouverneur qui n'avait pas fermé cette lampe à clef.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire (*Suite*).

de Plat-de-Gier.

du 9 Mars 1850).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Le grisou ne se montrait que rarement et en petite quantité dans la couche nouvellement découverte. Les travaux étaient visités tous les jours avec une lampe de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, aidé par le sous-gouverneur, boisait un chantier. Un petit éboulement s'y étant produit et ayant occasionné au toit de la galerie une cloche d'un mètre de profondeur, les deux ouvriers allèrent chercher des bois pour garnir cette excavation. A leur retour, au moment où ils approchèrent leur lampe à feu nu de la cloche, une petite explosion se produisit et les brûla tous deux légèrement.

Remarques particulières. — Aucune trace de gaz n'avait été aperçue avant l'éboulement.

Circonstances de l'accident. — Deux piqueurs de nuit travaillant à l'entrée supérieure du puits St-Jean, rentraient à leur chantier, munis de lampes à feu nu, après une absence de 3/4 d'heure. Celui qui marchait en avant enflamma une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement; le deuxième ouvrier, qui le suivait à quelques pas, se jeta à terre et ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — Une lampe de sûreté était à la disposition des ouvriers pour faire la visite de leur chantier; ils auraient, dans l'espèce, négligé de la faire remplir d'huile et ne s'en seraient pas servis en rentrant au chantier parce qu'elle n'éclairait que d'une manière insuffisante.

Indications générales. — L'aérage se faisait entre les puits St-Privat et Couchoud; la couche dégageait du grisou en petite quantité mais d'une façon constante.

Circonstances de l'accident. — Deux remontées, distantes de 15^m, ouvertes dans la galerie qui reliait les puits St-Privat et Couchoud, avaient atteint 50^m de longueur; elles étaient réunies par un niveau à 20^m de leur extrémité et un niveau supérieur était commencé au sommet de l'une d'elles.

Un ouvrier plaçait des rails dans ce dernier niveau; il avait ouvert la lampe Mueseler dont il se servait. Une explosion de grisou eut lieu et le brûla mortellement.

Remarques particulières. — Une porte établie entre les deux remontées, dans la galerie maîtresse, forçait l'air à passer dans ces remontées; des caisses en bois partant de l'extrémité de la première, passant dans le niveau qui la réunissait à la seconde et, montant dans cette dernière, amena l'air jusqu'à 1^{m}50 du front du niveau en percement.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

13. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
						Tonnes			
255	1877 6 Août	Puits St-Jean. — Couche. Batarde.	»	1 Brûlé légèrement.	190	3.483	Remontée en cul de sac, aérée par une colonne de tuyaux arrivant jusqu'à 2m du front d'avancement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, visitant une remontée avant l'arrivée des ouvriers, avait approché trop près du front de taille avec sa lampe à feu nu.

14. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes directes. 10
						Tonnes			
256	1819 29 Novembre	Puits neuf Rigaudon.	»	1 Brûlé légèrement.	25	3.407	Suspension du travail pendant un repas.	Lampe à feu nu.	»
257	1820 20 Mars	Puits Rigaudon.	»	1 Brûlé grièvement.	13	2.374	?	Id.	
258	1820 9 Juin	do	»	1 Brûlé légèrement.	id.	Id.	»	Feu mis intentionnellement au grisou pour assainir la mine.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Plat-de-Gier (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Malgré les ordres formels de l'Ingénieur, la lampe de la victime n'avait pas été fermée à clef par le sous-gouverneur,.

Les exploitants avaient une certaine tendance à multiplier les remontées et en faire un procédé d'exploitation.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités à établir un niveau supérieur à la maîtresse galerie et à percer en descendant les galeries inclinées devant relier les deux niveaux.

Circonstances de l'accident. — Le sous-gouverneur chargé de procéder chaque matin à la visite des chantiers avant l'arrivée des ouvriers, s'avançait dans une courte remontée aérée par une colonne de tuyaux arrivant jusqu'à 2m du front de taille. Il portait à la fois une lampe de feu nu et une lampe de sûreté avec laquelle il devait inspecter la partie supérieure de la remontée. Il comptait laisser sa lampe à feu nu à 2 ou 3m du front de taille ; mais à peine en était-il éloigné de 5 mètres environ, qu'une petite quantité de gaz s'enflamma et le brûla légèrement.

Mesures prises à la suite de l'accident. — La Direction a été invitée à munir de lampes de sûreté, les ouvriers qui travaillaient dans les chantiers voisins du lieu de l'accident, jusqu'à ce que l'inocuité des lampes à feu nu put être nettement constatée.

de Saint-Chamond.

du 10 Décembre 1774).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier s'était absenté de son chantier pour aller prendre son repas; lorsqu'il revint pour se mettre au travail, une petite quantité de gaz prit feu sur sa lampe et le brûla légèrement.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en élevant sa lampe à feu nu au toit d'une galerie, mit le feu à une petite quantité de grisou qui lui fit des brûlures assez graves.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier canonnier fut brûlé au moment où il mettait le feu au grisou.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

14. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
259	1821 9 Avril	d°	»	1 Brûlé légèrement.	21	3.696	Interruption de travail dans un chantier.	Lampe à feu nu.	»
260	1826 21 Septembre.	Puits du Clos-Marquet.	»	1 Brûlé.	66	6.857	Percement dans de vieux travaux.	Id.	»
261	1833 11 Janvier	Puits Rigaudon.	»	3 Brûlés.	?	?	?	Lampe Davy maniée brusquement	Imprudence de l'une des victimes, qui avait manié sa lampe de sûreté sans précaution.
262	1836 2 Avril	Puits St-Louis	1 Brûlé.	»	?	?	?	?	?
263	1836 11 Juillet.	d°	1 Brûlé.	2 Brûlés.	?	?	Abandon provisoire d'un chantier.	Lampe à feu nu.	Imprudence du gouverneur, l'une des victimes, qui était rentré avec deux ouvriers dans un chantier abandonné depuis quelque temps, en s'éclairant avec une lampe à feu nu.
264	1841 16 Août.	Puits des Roches.	»	1 Brûlé légèrement.	32	920	Petite cloche produite au toit d'un chantier par un éboulement.	id.	Imprudence de la victime qui avait élevé sa lampe à feu nu dans une cloche produite par un éboulement.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Chamond (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier arrivait à son chantier ; une petite quantité de gaz qui s'était accumulée prit feu sur sa lampe et le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Une galerie ayant percé dans de vieux travaux, un ouvrier, introduisit sa lampe à feu nu par l'ouverture pour éclairer et reconnaître les lieux ; il détermina l'explosion du gaz dont on ne soupçonnait pas la présence et reçut quelques brûlures.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers étaient occupés dans un chantier du puits Rigaudin, l'un d'eux ayant manié brusquement sa lampe Davy détermina l'inflammation d'une petite quantité de gaz ; les trois ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Pas de détails.
Circonstances de l'accident. — Un gouverneur et deux ouvriers rentraient dans un chantier abandonné depuis quelque temps ; une certaine quantité de gaz prit feu sur la lampe à feu nu du gouverneur. Tous trois furent brûlés, le gouverneur mortellement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en élevant sa lampe à feu nu, dans une cloche produite au toit d'un chantier par un petit éboulement, détermina l'inflammation d'une petite quantité de gaz ; il fut brûlé légèrement.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

14. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
265	1843 12 Octobre.	Puits Brun.	»	1 Brûlé.	14	1620	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné depuis quelque temps.
266	1851 16 Janvier.	Puits Neyrand	»	1 Brulé.	113	28.784	Suspension du travail dans un chantier pendant un repas.	id.	»
267	1851 24 Novembre.	id.	»	1 Brûlé.	id.	id.	?	id.	?
268	1855 3 Décembre.	id.	»	1 Brûlé grièvement.	237	37.140	Interruption du travail dans un chantier, entre deux postes.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime qui était entrée dans son chantier avec une lampe de sûreté détamisée.
269	1859 19 Août.	Puits St-Jacques	»	1 Brûlé légèrement.	165	46.933	Insuffisance de l'aérage dans une remontée.	id.	Imprudence de la victime qui avait enlevé le treillis de sa lampe de sûreté.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Chamond (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné depuis quelque temps, provoqua l'inflammation d'une petite quantité de gaz qui y était accumulé.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier s'était absenté de son chantier pour aller prendre son repas ; lorsqu'il y rentra, il détermina avec sa lampe à feu nu une petite explosion de grisou.
Circonstances de l'accident. — La couche dans laquelle l'accident s'est produit était reconnue gazeuse. L'inflammation fut déterminée par une lampe à feu nu.
Indications générales. — Les lampes de sûreté étaient fermées à clef par le gouverneur, au commencement de chaque poste ; on les ouvrait à la sortie de la mine, afin que les ouvriers pussent les garnir chez eux. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier étant entré dans la mine avant l'heure du travail et avant l'arrivée du gouverneur, détermina une inflammation de grisou en entrant dans son chantier avec une lampe de sûreté détamisée; il fut brûlé grièvement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans une petite remontée prise dans un niveau inférieur à la recette du puits St-Jacques ; sa lampe de sûreté s'éteignant quelquefois, il en avait enlevé le treillis malgré les recommandations du gouverneur. Sa lampe venait encore de s'éteindre ; après l'avoir rallumée, il rentrait dans son chantier, lorsqu'une petite explosion se produisit et le brûla légèrement au bras. **Remarques particulières.** — La remontée et le niveau auxquels on n'arrivait que par une descenderie, n'étaient aérés que par diffusion ; il y avait un peu d'acide carbonique dans la remontée. La lampe de sûreté n'avait pas été remise à l'ouvrier, fermée à clef.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

14. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
270	1861 10 Mai.	Puits St-Jacques. — 2e Couche.	»	4 Brûlés assez grièvement.	153	35.845	Suspension de travail pendant une journée, dans un chantier en remonte de 3m d'avancement, pris dans une galerie où passait le courant d'air,	Lampe à feu nu.	»
271	1862 29 Octobre.	Puits St-Luc.	»	1 Brûlé légèrement.	190	36.638	Interruption de travail dans une remontée en percement.	Id.	Imprudence de la victime qui, malgré la défense, était entrée dans un chantier avec une lampe à feu nu.
272	Id. 30 Décembre.	Puits des Roches.	»	1 Brûlé légèrement.	id.	Id.	Dégagement du grisou provenant de vieux travaux inondés, au-dessous d'un plancher établi dans un puits.	Soufre enflammé au treillis d'une lampe de sûreté ou Flamme sortie hors du treillis de cette lampe.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — **Département de la Loire.**

Saint-Chamond (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — Le grisou ne s'était pas encore montré dans les travaux de la 2e couche. **Circonstances de l'accident.** — Après un jour de chômage, quatre ouvriers devant travailler dans un chantier en remonte, de 3m d'avancement, dans la 2e couche, exploitée au puits St-Jacques, attendaient, dans la galerie d'aérage sur laquelle s'ouvrait le chantier, que le gouverneur vint faire sa visite journalière. Ils étaient munis de lampes à feu nu. L'un des ouvriers, en allant chercher un outil à l'entrée du chantier, détermina une explosion de grisou ; tous quatre furent brûlés plus ou moins grièvement ; l'un d'eux, assis près d'une benne, eut le bras cassé par le choc de celle-ci. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — A la suite de cet accident, il fut prescrit d'une façon formelle aux ouvriers, de ne descendre dans la mine qu'après que le gouverneur aurait visité les chantiers.
Indications générales. — Le puits St-Luc avait rencontré, à 530m de profondeur, des schistes présentant quelques filets de charbon ; on suivit ces schistes, d'abord horizontalement puis en remontant. Le grisou s'était montré en petite quantité. Les ouvriers devaient visiter le front de taille de leur chantier avec une lampe de sûreté, avant la reprise du travail. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier étant entré au chantier avec une lampe à feu nu, et l'ayant élevée le long du front de taille, détermina une petite explosion de grisou ; il fut légèrement brûlé.
Indications générales. — Les travaux du puits des Roches avaient été abandonnés pendant longtemps ; on avait épuisé ce puits jusqu'à 110m de profondeur ; un plancher mobile avait été établi à 100m et on avait commencé à ce niveau une galerie au rocher qui avait 4m de longueur. Le grisou n'avait pas encore été aperçu dans le chantier. L'aérage était obtenu au moyen d'un ventilateur Duvergier et d'une colonne de tuyaux ayant une section de 0m40 sur 0m30 et descendant jusqu'au toit de la galerie. **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers étaient occupés à l'avancement de la galerie ; ils se servaient de lampes de sûreté, et, avant de tirer les coups de mine, ils visitaient la galerie et le front de taille. L'un d'eux, s'étant rendu sur le plancher pour préparer la mèche soufrée qui devait lui servir à allumer un coup de mine, détermina une explosion de grisou qui lui causa des brûlures sans gravité. L'autre ouvrier ne fut pas atteint. **Remarques particulières.** — Le grisou provenait sans aucun doute des vieux travaux inondés du niveau de 110m qui avaient été très grisouteux lorsqu'ils étaient en activité ; le gaz s'était dégagé dans le puits et avait traversé le plancher qui ne constituait pas une fermeture hermétique. La victime n'a pu dire si c'était la flamme sortant de sa lampe, ou le soufre enflammé, qui avait causé l'accident. Le jour de l'accident, il faisait un vent violent qui a pu paralyser en partie l'action du ventilateur.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

14. — Concession de

Nos. d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes. 10
			Tués. 4	Blessés. 5			de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	
						Tonnes			
273	1863 27 Mars.	Puits St-Jacques. — 1re Couche.	»	1 Brûlé légèrement.	144	26.980	Dégagement de grisou au moment d'un éboulement.	Lampe de sûreté renversée par un éboulement.	»
274	1867 22 Juillet.	Puits St-Jacques.	2 dont 1 brûlé et 1 projeté	1 Brûlé grièvement.	140	33.015	Refoulement du gaz contenu dans une remontée en percement, lors de la mise en marche d'un ventilateur amenant l'air dans cette remontée pour l'assainir.	Lampe de sûreté en mauvais état ou Passage de la flamme hors du treillis de cette lampe sous l'influence d'un courant d'air.	Imprudence du gouverneur, qui était resté près d'un chantier grisouteux avec une lampe de sûreté en mauvais état et près d'un ouvrier qui chassait le grisou en agitant l'air avec un vêtement.
275	1868 7 Juillet.	Puits du Château. — Couche N° 4.	»	2 Brûlés légèrement.	146	33.353	Dégagement accidentel de grisou à la partie supérieure d'une remontée de 15^{m} de longueur, si-	Lampe à feu nu.	Négligence du gouverneur, qui n'avait visité qu'incomplètement le chantier.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Chamond (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait au dépilage d'un pilier de la première couche du puits St-Jacques, dans le voisinage d'un crain; il était muni d'une lampe de sûreté. Un petit éboulement ayant eu lieu, sa lampe, posée à terre, fut renversée et une explosion de grisou se produisit. l'ouvrier fut brûlé légèrement.

Remarques particulières. — Le courant d'air passait près du front de taille du chantier.

Le gouverneur avait visité ce chantier 3 heures avant l'accident; il n'avait pas reconnu la présence du grisou. Ce gaz a dû se dégager au moment même de l'éboulement.

Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement. L'air entrait par le puits St-Jacques, suivait le niveau inférieur, passait par la dernière remontée communiquant avec le niveau supérieur et se dirigeait par ce dernier niveau vers le puits St-Symphorien.

Une nouvelle remontée avait été ouverte à l'extrémité du niveau inférieur, à 20 mètres au-delà de celle où passait le courant d'air; elle avait atteint 12^{m} et le niveau avait été poursuivi sur une longueur de 5 mètres.

La remontée en percement était aérée au moyen d'un ventilateur établi dans le niveau, au pied de la remontée précédente, et d'une colonne de tuyaux arrivant près du front de taille, Le prolongement du niveau n'était aéré que par diffusion.

Circonstances de l'accident. — Les ouvriers arrivaient au travail. Le ventilateur avait été mis en mouvement pour purger la remontée du grisou qu'elle contenait.

L'ouvrier qui devait travailler à l'extrémité du niveau s'y rendit sans lumière et agita sa veste pour chasser le grisou; le gaz, chassé du chantier, vint s'enflammer à la lampe de sûreté du gouverneur, placé à quelques mètres de la remontée; une explosion se produisit; tous les ouvriers de cette partie de la mine furent renversés et eurent leurs lampes éteintes. L'ouvrier du niveau et le gouverneur furent grièvement brûlés; le manœuvre du ventilateur ne le fut que légèrement, mais il eut le crâne fracassé contre un bois, on ne put retrouver son cadavre que quelque temps après l'accident, quand le courant d'air, un moment renversé, fut rétabli. Le gouverneur mourut des suites de ses brûlures

Remarques particulières. — Le grisou chassé de la remontée par le ventilateur avait envahi le niveau.

La lampe de sûreté du gouverneur était en très mauvais état, elle n'avait ni la virole qui fixe le porte-mèche, ni l'écrevisse qui sert à manœuvrer la mèche; l'absence du fil de l'écrevisse laissait un trou par lequel le feu avait pu se communiquer au dehors. La flamme de la lampe a pu aussi passer hors du treillis sous l'influence du courant d'air produit par l'ouvrier du niveau en chassant le grisou de son chantier.

Circonstances de l'accident. — Une remontée, ouverte à l'extrémité d'un niveau, avait été arrêtée à 15^{m} de longueur, à cause d'un accident qu'elle avait rencontré; deux ouvriers perçaient une remontée contiguë qui avait atteint 9^{m}; ils travaillaient à feu nu.

L'un d'eux, étant allé dans la partie supérieure de la première remontée, détermina une explosion de grisou qui le brûla legèrement; le second ouvrier, resté dans le niveau, ne fut que très légèrement atteint.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

14. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
			»			Tonnes	tuée à 9m du courant d'air, dans le voisinage d'un accident.		
276	1878 22 Août.	Puits du Clos-Marquet.	»	5 Brûlés légèrement.			1° Interruption accidentelle de la ventilation dans les travaux d'un quartier, pendant toute une nuit, par suite de l'ouverture intempestive d'une porte d'aérage. 2° Refoulement, par suite de la fermeture de cette porte, du grisou vers le cabinet du lampiste, où se faisait la vérification à feu nu des lampes de sûreté.	Lampes de sûreté ouvertes.	Insuffisance générale de l'aérage. Ouverture intempestive d'une porte d'aérage. Position vicieuse du cabinet de vérificationdes lampes. Manque de prévoyance du maître mineur qui, en refermantla porte d'aérage, a fait refluer l'air vicié vers le cabinet du lampiste.

15. — Concession

(Instituée par décret du

277	1861 21 Février.	Puits Pelissier	»	3 Brûlés, dont 2 assez	72	8.047	Refoulement continu du gaz d'une remontée, dans le niveau in-	Lampes à feu nu.	Imprudence du gouverneur, qui avait laissé deux lampes à feu nu

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Chamond (suite).

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — La couche n° 4 n'avait pas encore dégagé de grisou. Le courant d'air passait à 9^m de la remontée.

Le gouverneur avait visité le chantier le matin, mais il n'avait pas examiné la partie supérieure de la remontée; des ordres formels ne lui avaient d'ailleurs pas été donnés à ce sujet par l'ingénieur de la mine.

Indications générales. — L'aérage déterminé par un foyer établi à l'entrée de la fendue servant à la descente des ouvriers, était insuffisant. Le quartier Est surtout, qui dégageait beaucoup de grisou, ne recevait que 1^{m3} d'air par seconde pour une extraction journalière variant de 35 à 53 tonnes.

Avant de se rendre à leurs chantiers respectifs, les ouvriers devaient présenter leurs lampes Mueseler à un gouverneur spécial. Cette vérification se faisait dans un cabinet placé dans une excavation du retour d'air du quartier Est.

Circonstances de l'accident. — Pendant que le gouverneur spécial faisait la vérification des lampes de sûreté, dans le cabinet, une inflammation de gaz prit naissance et fut suivie de plusieurs explosions proprement dites, mais d'une faible intensité, qui se produisirent en divers points des galeries avoisinantes. Quatre ouvriers ainsi que le gouverneur furent légèrement brûlés.

Remarques particulières. — Il est résulté de l'enquête, qu'un second gouverneur, venant inspecter les chantiers du quartier Est, avait trouvé ouverte la porte qui forçait le courant d'air à passer dans les travaux de ce quartier. Le gaz s'y était accumulé au point que la lampe du gouverneur s'était éteinte; ce dernier avait cru bien faire en refermant la porte dans le but de rétablir l'aérage; c'est peu après que l'explosion s'est produite.

Mesures prises à la suite de l'accident. — A la suite de l'accident, le cabinet des lampes a été transféré près du puits.

Les exploitants ont été en outre invités à présenter un projet de règlement intérieur conforme aux instructions contenues dans la Circulaire du 6 Décembre 1872.

de Villebœuf.

4 Novembre 1824).

Indications générales. — Le puits Pélissier était assez bien aéré; l'air entrait par le puits, parcourait tous les travaux, dirigé par des portes ou des barrages, et sortait à un niveau supérieur, par une gaîne et une cheminée d'appel d'une douzaine de mètres de hauteur.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

15. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
				grièvement.		Tonnes	férieur, par suite de la manœuvre d'un ventilateur aérant cette remontée.		à une faible distance d'une remontée, d'où l'on chassait le grisou à l'aide d'un ventilateur.
278	1864 25 Mai.	Id.	»	1 Brûlé légèrement.	86	12.626	Galerie en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, malgré la défense, avait pénétré avec une lampe à feu dans une galerie sans issue.
279	Id. 7 Octobre.	d°	1 Brûlé.	2 Brûlé légèrement.	Id.	Id.	Aérage insuffisant et mauvaise distribution du courant d'air, ayant permis l'accumulation du grisou dans une remontée en percement le long d'un accident.	Id.	Imprudence de l'une des victimes, qui n'attendit pas la visite du sous-gouverneur pour pénétrer dans un chantier qui pouvait être grisouteux.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Villebœuf (suite).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un gouverneur et deux ouvriers étaient occupés à poser des caisses d'aérage dans une petite remontée où la présence du gaz avait été reconnue. L'un d'eux était en haut du chantier, qui avait environ 8m d'avancement; le gouverneur était dans le niveau inférieur, il examinait avec sa lampe l'état de l'air chassé de la remontée par un ventilateur qui était placé dans le niveau et manœuvré par le second ouvrier; près de ce dernier se trouvaient deux lampes à feu nu sur lesquelles le grisou vint s'enflammer. Les deux ouvriers furent brûlés assez grièvement, le gouverneur ne le fut que très légèrement.

Remarques particulières. — Le courant d'air passait dans le niveau. Puisque la présence du grisou avait été reconnue dans la remontée et qu'on employait des lampes de sûreté au sommet et à l'entrée, le gouverneur n'aurait pas dû laisser des lampes à feu nu à une si petite distance de cette remontée.

Indications générales. — Le grisou n'avait pas encore été rencontré dans la couche exploitée. On travaillait à feu nu, mais il était défendu aux ouvriers de pénétrer dans les galeries sans issue.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu entra dans une galerie en cul-de-sac et y détermina l'explosion d'une petite quantité de grisou; il fut brûlé légèrement.

Indications générales. — Le courant d'air qui parcourait les travaux du puits Pélissier était faible et médiocrement distribué.

Circonstances de l'accident. — Pendant qu'un sous-gouverneur faisait la visite d'une remontée en percement le long d'un accident, un ouvrier vint, sans lampe, y chercher un outil, tandis qu'un deuxième ouvrier, arrivant à son travail, entra dans la remontée avec sa lampe à feu nu; il se produisit une explosion qui les brûla tous trois grièvement; le gouverneur mourut des suites de ses blessures.

Remarques particulières. — La remontée était aérée par un ventilateur et une colonne de tuyaux allant jusqu'au sommet; mais le ventilateur, établi au bas de cette galerie, ne faisait guère que brasser sur place l'air qu'elle contenait.

De petites quantités de grisou avaient déjà été constatées dans la remontée. Le sous-gouverneur visitait le chantier avant le commencement du travail.

On ne travaillait à feu nu que lorsque le sous-gouverneur s'était assuré que le grisou ne se montrait pas en quantité notable.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

15. — Concession

Nos d'ordre 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
280	1868 29 Mars.	Id. — Grande couche.	»	1 Brûlé légèrement.	170	42.146	Remontée en cul-de-sac, de 12m de longueur.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré dans une remontée avec une lampe à feu nu, malgré la défense formelle.
281	1870 17 Juillet.	Id.	9 Brûlés.	3 Brûlés.	180	51.831	Galerie en cul-de-sac, de 18m de longueur, aérée par simple diffusion. Insuffisance de l'aérage dans le quartier où se trouvait cette galerie.	Id.	Imprudence de l'une des victimes qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans une recoupe où la présence du grisou avait été constatée.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Villebœuf (suite).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant dans une remontée longue de 12^m, provoqua, avec sa lampe à feu nu, l'inflammation d'une petite quantité de grisou qui lui fit des brûlures légères.

Remarques particulières. — Le grisou avait été constaté dans la remontée; il était défendu d'y entrer sans lampe de sûreté.

Indications générales. — L'aérage naturel, difficile à Villebœuf, était des plus défectueux dans les travaux de la partie sud-ouest du niveau de 284 mètres.

L'air entrait par le puits Pélissier et aérait les deux niveaux de 284 et 348^m. Une porte mal jointe placée au niveau de 281^m forçait une partie de l'air à descendre au niveau inférieur. Au niveau de 284^m, une partie des travaux n'était aérée que par diffusion et la galerie de retour d'air était en fort mauvais état et réduite à une très faible section.

Enfin, un éboulement survenu deux jours avant l'accident avait encore empiré cet état de choses.

Circonstances de l'accident. — Les travaux de la partie sud-ouest du niveau de 284^m étaient conduits d'une manière très irrégulière, à cause des défauts de la couche; le grisou, très peu abondant dans la mine, avait été reconnu dans deux recoupes en cul-de-sac de 15 et 18^m de longueur, voisines l'une de l'autre. Le jour de l'accident, on ne travaillait pas dans ces recoupes, l'une d'elles avait été barrée, et dans l'autre le sous gouverneur avait reconnu la présence du grisou en faisant sa visite.

Onze ouvriers travaillaient dans le voisinage, ils étaient munis de lampes à feu nu; l'un d'eux, pour une raison restée inconnue, pénétra dans la seconde recoupe et détermina l'explosion du grisou qui y était accumulé.

Trois ouvriers furent tués, les huit autres et le sous-gouverneur furent plus ou moins grièvement brûlés, six d'entre eux succombèrent aux suites de leurs brûlures. Quelques-uns purent se rendre à la recette et demander du secours; les victimes furent rapidement ramenées au jour; toutes, sauf l'auteur de l'accident, se trouvaient dans le courant d'air.

Remarques particulières. — Les dégats matériels se sont réduits au déplacement de quelques cadres, et à la chûte d'un peu de charbon, d'ailleurs très friable.

A cause de la friabilité du charbon et de la sécheresse de la mine, les poussières ont dû jouer un grand rôle dans l'accident; des croûtes de coke très abondantes ont été trouvées déposées sur les faces des boisages opposées au sens de l'explosion.

Après l'accident, on n'a retrouvé aucune trace de grisou dans la seconde recoupe.

L'explosion ne s'était pas propagée dans la première.

L'emploi des lampes à feu nu aurait dû être défendu dans un quartier où le grisou avait été reconnu.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

15. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
282	1877 17 Août.	Puits Pélissier — 7e couche. — Étage de 350m	»	2 Brûlés dont 1 grièvement.	215	41.247	Chantier aéré seulement par diffusion et situé au voisinage d'un étranglement de la couche.	Lampe de sûreté détamisée.	Négligence du sous-gouverneur qui n'aurait pas dû laisser les clefs des lampes à la disposition des ouvriers, ni laisser ceux-ci se rendre à leur chantier, avant qu'il n'en ait fait lui-même la visite. Imprudence des deux ouvriers qui avaient détamisé leurs lampes.
283	1873 28 Juillet.	Puits de la Vogue.	2 Brûlés.		225	42.035	Cloche produite par un éboulement, ayant mis à découvert une couche de houille, au toit d'un travers-banc aéré d'une manière insuffisante.	Lampe à feu nu.	Négligence du gouverneur, qui, malgré les ordres qu'il avait reçus, n'avait pas visité la cloche avec une lampe de sûreté.

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — On n'avait point encore constaté la présence du grisou dans les travaux de la 7e couche.

En attendant que les travaux fussent reliés à l'aérage général, ils n'étaient ventilés que par diffusion. On n'y faisait usage que de lampes de sûreté et le sous-gouverneur devait visiter les chantiers chaque matin avant l'arrivée des ouvriers.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient descendus à leur chantier avant le sous-gouverneur qui devait en faire la visite préalable. Ils savaient où étaient les clefs servant à rallumer les lampes éteintes; ils purent donc ouvrir leurs lampes, les rallumer et même en enlever le tamis.

Ils s'avançaient ainsi, lorsque l'un d'eux, arrivé le premier au front de taille de son chantier éleva sa lampe vers le toit pour en reconnaître l'état. Une inflammation se produisit et le brûla grièvement; son compagnon fut également brûlé quoique légèrement; un troisième ouvrier, qui se trouvait alors à 6 ou 7m du front de taille ne fut pas atteint.

Remarques particulières. — Le sous-gouverneur aurait dû ne pas laisser les clef des lampes à la disposition des ouvriers et veiller à ce que ceux-ci ne pénètrent pas dans leur chantier avant que sa visite quotidienne ne fut faite.

Indications générales. — Un travers-bancs en percement à la profondeur de 510m et dirigé vers les travaux exécutés dans la 8e couche du puits Ambroise avait atteint 517m de longueur. Il n'avait encore rencontré qu'une petite couche de houille, celle-ci ayant dégagé du grisou, on s'était servi de lampes de sûreté pour la traverser. Depuis 25m, on se trouvait dans une couche de grès et on avait repris les lampes à feu nu.

L'aérage laissait beaucoup à désirer. L'air descendait par le puits de la Vogue, jusqu'à l'entrée du travers-bancs, où un ventilateur établi en avant d'une porte le refoulait jusqu'à quelques mètres du front de taille dans une conduite en tôle de 0m26 de diamètre. Il revenait ensuite jusqu'à la porte, gagnait le puits par une petite galerie inclinée, s'élevait dans une ligne de caisses en bois de 0m30 de côté, jusqu'à 5m du jour, et s'échappait par une autre petite galerie débouchant dans la cheminée des chaudières.

De plus, le ventilateur n'était manœuvré que par un seul homme et était arrêté pendant l'heure des repas.

Circonstances de l'accident. — Le 27 juillet, un éboulement eut lieu à une vingtaine de mètres du front de taille et la cloche produite s'agrandit peu à peu en prenant une teinte noire.

L'ingénieur de la mine recommanda au gouverneur de visiter cette cloche avec une lampe de sûreté, dans le cas où le charbon viendrait à s'y montrer. On s'occupa de relever l'éboulement. Pendant la nuit, quelques petits morceaux de charbon tombèrent. Le lendemain, le gouverneur ne s'en préoccupa pas; au moment où deux ouvriers venant de prendre leur repas arrivaient près de l'éboulement avec leurs lampes à feu nu, une explosion se produisit et leur causa des brûlures mortelles.

Remarques particulières. — L'explosion ne fut pas forte, elle ne produisit aucun dégât matériel. Un ouvrier placé à 70m de l'éboulement ne fut pas atteint et ne vit même pas la flamme.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

16. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
284	1822 26 Juillet.	Puits Neuf.	»	1 Brûlé.	88	32.074	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré dans un chantier défendu avec une lampe à feu nu.
285	1823 20 Août.	Id.	»	1 Brûlé.	86	29.461	?	Id.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu, dans un chantier dont l'entrée était défendue.
286	1825 25 Novembre.	Puits Frontignac.	»	1 Brûlé.	118	31.100	Chantier en cul de sac.	Id.	»
287	1826 27 Avril,	Puits Montribout.	»	4 Brulés.	[illegible]	33.729	?	Passage de la flamme d'une lampe Davy hors du treillis.	Imprudence de l'une des victimes qui, voyant rougir le treillis de sa lampe avait soufflé sur la flamme pour l'éteindre.
288	1829 19 Novembre.	id.	2 Brulés.	8 Brulés.	150	33.508	?	Passage de la flamme d'une lampe de sûreté hors du treillis.	Cause fortuite.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Grand'Croix

du 1er Novembre 1824).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier avec une lampe à feu nu, pénétrant dans un chantier défendu, détermina l'explosion du gaz qui s'y trouvait accumulé.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier dont on avait défendu l'entrée, mit le feu au grisou qui s'y trouvait.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en entrant dans un chantier en cul-de-sac avec sa lampe à feu nu, mit le feu à une petite quantité de grisou qui y était accumulée.
Circonstances de l'accident. — Quatre ouvriers travaillaient dans un chantier où la présence du grisou avait été signalée. L'un d'eux, voyant rougir le treillis de sa lampe Davy, souffla sur la flamme pour l'éteindre. Une explosion s'ensuivit, les quatre ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, voyant sa lampe de sûreté pleine de flammes, se précipita pour l'enlever ; il tomba entraînant la lampe avec lui. Par suite de la chute, la flamme sortit du treillis ; une explosion de grisou se produisit, deux gouverneurs et huit ouvriers furent brûlés. Deux d'entre eux moururent des suites de leurs blessures.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

16. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
289	1830 4 Mars.	id.	1 Brulé.	»	?	?	?	Lampe Davy détériorée par un éboulement.	?
290	1832 30 Novembre.	Puits Neuf.	»	2 Brûlés.	139	47.040	?	Lampe à feu nu.	Imprudence des deux victimes qui s'étaient servies de lampes à feu nu, malgré la défense.
291	1836 8 Février.	Puits Fronti-gnac. — Grande couche.	1 Brûlé.	»	111	47.696	Dégagement accidentel de grisou dans un chantier.	id.	Cause fortuite.
292	1840 6 Juillet.	Puits Charrin — Couche bâtarde.	»	1 Brûlé.	271	83.600	Interruption de travail dans un chantier.	id.	»
293	1842 6 Juillet.	Puits St-Paul. — Grande couche.	»	1 Brûlé.	272	72.500	?	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime qui avait enlevé le treillis de sa lampe.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

La Grand'Croix (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Flambée de gaz allumée par une lampe Davy, en mauvais état, à la suite d'un éboulement.
Circonstances de l'accident. — Inflammation de grisou par les lampes à feu nu de deux ouvriers, auxquels cependant on avait donné des lampes Davy, en leur défendant l'emploi des lampes ordinaires.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier arrivait dans un chantier, lorsqu'une petite quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui fit des brûlures mortelles. **Remarques particulières.** — Le chantier avait été visité quelques heures avant l'accident, on n'y avait pas trouvé trace de gaz.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, rentrant dans un chantier avec une lampe à feu nu après une interruption de travail, détermina l'explosion d'une petite quantité de gaz.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, pénétrant dans un chantier avec sa lampe de sûreté dont il avait enlevé le treillis, détermina l'explosion d'une petite quantité de grisou.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

16. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
294	1858 26 Janvier	Puits St-Paul —	1 Brûlé.	»	300	116.750	Léger éboulement de charbon dans un chantier où l'on ne travaillait pas.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe de sûreté détamisée, dans un chantier, où la présence du grisou devait être soupçonnée.
295	1862 10 Novembre.	Puits Charrin. — Couche Bâtarde.	»	1 Brûlé légèrement.	300	81.506	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui s'était rendue dans son chantier avec une lampe à feu nu, malgré l'ordre contraire que lui avait donné le gouverneur.
296	1863 18 Avril.	d° — Grande Couche.	24 dont 16 brûlés et 8 asphyxiés.	2 Brûlés.	290	88.601	Galerie insuffisamment aérée, dont les deux extrémités étaient situées en dehors du courant d'air.	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

la Grand'Croix (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Le grisou se dégageait de temps à autre dans le champ d'exploitation du puits St-Paul, surtout dans les travaux de la couche bâtarde.
Les ouvriers travaillant dans les chantiers en cul-de-sac étaient munis de lampes de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Un sous-gouverneur, muni d'une lampe de sûreté, avait visité un chantier à onze heures du soir et y avait constaté l'absence du gaz. Vers trois heures du matin, il se rendit de nouveau dans ce chantier ; confiant dans sa première visite, il négligea de recouvrir de son treillis sa lampe de sûreté, à peine était-il entré dans le chantier ; qu'une explosion se produisit et le brûla grièvement ; il mourut des suites de ses brûlures.

Remarques particulières. — Dans l'intervalle des deux visites qu'avait faites le sous-gouverneur, un petit éboulement de charbon s'était produit ; il avait dû faciliter le dégagement du grisou.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier devait travailler dans un chantier de la couche bâtarde, dans laquelle on employait des lampes de sûreté ; le gouverneur lui avait dit de l'attendre et devait le conduire lui-même à son travail. Cet ouvrier s'étant rendu seul à son chantier avec une lampe à feu nu, et étant monté sur des remblais, détermina une petite explosion de grisou, qui lui causa des brûlures sans gravité.

Indications générales. — L'exploitation portait sur deux couches, la Grande couche et la Bâtarde. Dans la première, il ne restait à enlever que quelques massifs de charbon, isolés au milieu des vieux travaux. Le grisou ne s'y était pas montré depuis 15 ans et un arrêté préfectoral de 1850 y permettait l'emploi des lampes à feu nu.
L'aérage général était suffisant. L'air entrait par le puits Charrin, suivait la galerie de roulage et sortait par le puits Neuf.

Circonstances de l'accident. — Dans la voie de roulage qui était au mur de la Grande couche, on avait percé, en contrehaut de cette voie, deux petites galeries vers le toit, à 10^{m} l'une de l'autre ; à leur extrémité, une galerie parallèle à la voie de roulage avait atteint 30^{m} de longueur ; c'est dans cette sorte de réduit que se produisit l'explosion, occasionnée par les lampes à feu nu dont on se servait normalement.
Vers trois heures de l'après-midi, une colonne de poussière et de fumée fut refoulée par les puits Montribout et Neuf et l'aspiration de l'air cessa de se faire par ce dernier. On descendit dans la mine, le courant d'air fut rétabli en relevant un petit éboulement dans la galerie de roulage et le sauvetage fut terminé en deux heures ; on remonta 2 ouvriers sains et saufs, 4 blessés et 22 morts ; 14 ouvriers de la Grande couche et 8 de la Bâtarde, ces derniers avaient été asphyxiés dans la galerie de roulage ; 2 des blessés succombèrent aux suites de leurs brûlures.

Remarques particulières. — La galerie où l'explosion s'est produite était mal aérée ; une porte établie dans la galerie de roulage, entre les deux petites galeries transversales, forçait l'air à entrer par l'une d'elles et à sortir par l'autre. Mais la porte était souvent ouverte, les galeries transversales étaient à un niveau plus élevé que la voie de roulage et les deux extrémités, longues de 10^{m}, de la

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

16. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
297	1863 28 Décembre.	Puits St-Paul. — Mine Bâtarde. —	2 Brûlés.	1 Brûlé grièvement.	290	88.601	? Dégagement de grisou au front de taille d'un chantier, au moment du départ d'un coup de mine.	Flamme d'un coup de mine.	? Visite incomplète d'un chantier à la lampe de sûreté, avant l'allumage d'un coup de mine
298	1864 7 Juin.	Id. — Grande couche.	»	1 Brûlé grièvement.	217	60.222	Dégagement accidentel de grisou, pendant une suspension de travail de 3/4 d'heure, dans une excavation produite par	Lampe à feu nu.	Manque de prévoyance du sous-gouverneur, qui aurait dû donner des lampes de sûreté aux ouvriers occuper à boiser

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

— a. Département de la Loire.

La Grand'Croix (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
galerie parallèle à cette dernière, étaient toujours en dehors du courant d'air. L'explosion n'avait pas été forte; près de l'endroit où elle s'est produite, les bois avaient subi une carbonisation superficielle; mais les chantiers étaient intacts et si un éboulement de la galerie de roulage n'eut pas intercepté le courant d'air, un certain nombre des ouvriers qui ont été asphyxiés eussent pu se sauver.   La mine était très sèche, et le charbon très friable, aussi les poussières ont dû jouer un grand rôle dans l'accident. Des poussières de coke ont été trouvées en assez grande abondance près du lieu de l'explosion; un grand nombre de brûlures ressemblaient à celles qu'aurait pu produire une explosion de poudre.   Des visites de la mine avaient été faites le matin et à midi, avec une lampe de sûreté, et l'on n'avait aperçu aucune trace de grisou. On se croyait d'autant plus en sécurité qu'on se trouvait au milieu de vieux travaux, d'où l'on supposait que le grisou avait été complètement chassé, et que ce gaz ne s'était pas montré depuis 15 ans.   Après l'accident, on n'a plus retrouvé trace de gaz.   **Mesures prises à la suite de l'accident.** - A la suite de cet accident, un arrêté préfectoral a prescrit l'emploi de caisses d'aérage ou de ventilateurs pour aérer les galeries en cul-de-sac et l'usage de lampes de sûreté dans les galeries en remonte.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers étaient occupés dans un chantier de la mine Bâtarde; ils avaient préparé un coup de mine au bas du front de taille; l'un d'eux y mit le feu et tous trois se retirèrent à 10^m environ du chantier. Le coup de mine étant parti, les trois ouvriers se trouvèrent environnés de flammes et furent grièvement brûlés, deux moururent des suites de leurs blessures.   **Remarques particulières.**— Le chantier situé à 10^m du courant d'air, n'était aéré que par diffusion Le grisou n'y avait jamais été constaté. Il avait été visité par le sous-gouverneur le matin, avant l'arrivée des ouvriers, et quelques heures plus tard, avant le tirage d'un coup de mine placé en haut du chantier et allumé trois quarts d'heure avant celui qui a causé l'accident.   Dans les chantiers voisins placés dans les mêmes conditions d'aérage, on ne voyait également aucune trace de grisou.   Avant le tirage du dernier coup de mine, le chantier avait été visité par un des ouvriers. Il faut supposer que cette visite a été incomplète ou que le gaz s'est dégagé au moment même du départ du coup de mine.   L'explosion a été très faible, la flamme s'est propagée en remontant le courant d'air, et les ouvriers n'ont été grièvement brûlés que parce qu'ils se trouvaient très près du lieu de l'explosion et précisément dans le courant d'air. Le sous-gouverneur qui n'était qu'à 10 mètres en arrière des ouvriers ne vit aucune flamme et ne s'aperçut de l'accident, qu'en voyant venir à lui les trois blessés.
Circonstances de l'accident. — Un éboulement avait eu lieu dans un chantier de la Grande Couche, pris en descente et dont le front de taille se trouvait à 10^m du courant d'air; cet éboulement avait produit au toit un vide de 2^m de hauteur et de 1^m de largeur, que deux ouvriers étaient occupés à boiser. Le grisou ne s'étant jamais montré dans la région, ils étaient munis de lampes à feu nu.   Après avoir pris leur repas, ils rentraient au chantier, lorsque l'un d'eux, arrivant au sommet de l'excavation, fut renversé par une petite explosion de grisou et brûlé grièvement; l'autre ouvrier, placé un peu plus bas, ne fut pas atteint.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

16. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
							un éboulement au toit d'un chantier en descente, dont le front de taille était à 10m du courant d'air.		une excavation, où la présence du grisou était à craindre.

17. — Concession

(Instituée par décret du

299	1826 21 Octobre.	Puits Ste-Barbe.	»	1 Brûlé.	35	7635	Chantier en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, en même temps que sa lampe Davy, avait une lampe à feu nu dans le chantier.
300	1828 9 Mai	id.		1 Brûlé.	65	11.592	?	?	? Imprudence de la victime.
301	1829 2 Janvier.	id. — Grande couche.	28 dont la moitié brûlés le reste asphyxiés	»	65	11 129	Galerie principale en cul-de-sac	? Lampe de sûreté détériorée par un éboulement.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — **Département de la Loire.**

la Grand'Croix (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — Le sous-gouverneur avait visité le chantier une heure et demie avant l'accident ; il n'avait pas constaté la présence du gaz. Il aurait dû néanmoins donner des lampes de sûreté aux ouvriers travaillant dans d'aussi mauvaises conditions de sécurité.

du Martoret.

4 Mai 1825)

Circonstances de l'accident. Un piqueur se trouvait dans un chantier en cul-de-sac ; il était muni d'une lampe Davy et d'une lampe à feu nu. Quelques ouvriers, en arrivant dans ce chantier, y déterminèrent une agitation de l'air ; une petite explosion s'ensuivit ; le piqueur seul fut brûlé.

Circonstances de l'accident. — Pas de détails.

Indications générales. — L'aérage était satisfaisant. L'air entrait par le puits Ste-Barbe et sortait par le puits du Martoret.

La mine n'était pas sèche ; pour faciliter le traînage des bennes à patins, on arrosait les galeries.

Les ouvriers étaient munis de lampes Davy.

Circonstances de l'accident. — Une explosion, dont les causes véritables sont restées inconnues, a eu lieu au niveau inférieur de la grande couche du puits Ste-Barbe, où l'on exécutait des travaux de traçage. 29 ouvriers étaient descendus, une partie à minuit et le reste à 4 heures du matin. L'accident se produisit vers sept heures du matin et fit 28 victimes, dont la moitié furent asphyxiées et l'autre moitié brûlées. Le seul ouvrier retiré sain et sauf, s'était réfugié dans la fausse recette du puits Ste-Barbe. 12 chevaux furent tués.

La fumée sortit en abondance et pendant longtemps par le puits du Martoret. Les flammes envahirent tous les travaux du puits Ste-Barbe voisins de la galerie principale ; la fumée seule et l'acide carbonique remplirent le reste des travaux jusqu'au puits du Martoret. Il n'y eut pas de dégâts matériels. Deux portes seules furent brisées près du puits Ste-Barbe.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

17. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
302	1868 18 Juillet.	Puits Ste-Barbe. — Grande couche.	14 Brûlés ou asphyxiés.	5 Brulés dont 1 grièvement.	?	?	Insuffisance de l'aérage général. Disposition en cul-de-sac d'une galerie.	Flamme d'un coup de mine ou Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis, par suite du remous violent produit par le départ du coup de mine.	Négligence des surveillants, qui n'empêchaient pas le tirage à la poudre dans les chantiers grisouteux, ainsi que le prescrivaient les règlements.
303	1868 4 Novembre.	Id. — Couche batarde.	»	1 Brûlé.	?	?	Cloche produite au toit d'un chantier par un éboulement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait élevé sa lampe à feu nu, dans une cloche, au toit d'un chantier.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Marteret (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — L'explosion avait dû prendre naissance à l'extrémité en cul-de-sac de la galerie principale, où un homme a été retrouvé presque carbonisé ; sa lampe de sûreté était fortement détériorée, le treillis était enfoncé et en partie arraché par l'effet de l'éboulement d'un bloc de charbon.

Indications générales. — L'exploitation avait lieu par le niveau de 362ᵐ, dans une partie de la couche très relevée et presque verticale (mine droite).

La couche était très gazeuse dans la mine droite. Les ouvriers étaient exclusivement munis de lampes de sûreté.

L'aérage se faisait naturellement. L'air entrait par le puits Moyse, débouchait dans les travaux à la hauteur de 340ᵐ, montait jusqu'aux chantiers supérieurs à 320ᵐ et redescendait de là au travers-banc de 362ᵐ, pour sortir par le puits Ste-Barbe.

La voie d'air était très étroite dans certaines parties, et le courant peu actif.

Il faisait très chaud dans les chantiers supérieurs. Les ouvriers y travaillaient nus.

Les galeries étaient sèches et poussiéreuses.

Circonstances de l'accident. — Un coup de mine venait d'être tiré à l'extrémité en cul-de-sac de la galerie supérieure des travaux, lorsqu'une explosion se produisit et fit dix-neuf victimes ; quatorze ouvriers furent brûlés mortellement ou asphyxiés, cinq autres furent blessés, l'un d'eux grièvement.

Remarques particulières. — L'accident a pris naissance dans la galerie supérieure mal aérée et infestée de grisou.

La flamme du coup de mine aura allumé directement le grisou, ou bien le remous violent produit dans l'air aura fait sortir la flamme d'une lampe Davy hors du treillis et déterminé l'explosion.

Les flammes ont parcouru 40ᵐ contre le courant d'air et 150ᵐ dans le sens du courant.

Des traces de brûlures et des dépôts de coke ont été remarqués sur les bois, jusqu'à une distance de 25 mètres du centre de l'explosion, en remontant le courant d'air, et jusqu'à 130 mètres en suivant le retour d'air. La poussière de coke n'était déposée que sur la partie supérieure des boisages, à partir de 1ᵐ ou 1ᵐ50 du sol.

La commotion a été assez forte. Trois portes d'aérage ont été arrachées. Aucun éboulement ne s'est produit. De la fumée et de la poussière sont sorties par le Puits Ste-Barbe.

Des cartouches de poudre, qui avaient été déposées sur les bois, dans le chantier où a été allumé le coup de mine, ont été retrouvées intactes.

Les poussières charbonneuses paraissent avoir joué un certain rôle dans cet accident.

Les surveillants auraient dû empêcher le tirage à la poudre dans les chantiers grisouteux, ainsi que le prescrivaient les règlements.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier ayant élevé sa lampe à feu nu dans un cloche produite au toit d'un chantier par un éboulement, détermina une petite explosion de grisou, qui lui causa quelques brûlures.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

17. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
304	1873 2 Février	Puits Ste-Barbe. — Couche Bâtarde.	»	1 Brûlé grièvement.	?	?	Petite poche au front de taille d'un chantier.	Lampe de sûreté détériorée.	Imprudence de la victime, qui avait détamisé sa lampe de sûreté.
305	1873 31 Juillet.	id. — id.	5 Brûlés	»	?	?	Insuffisance de l'aérage. — Anfractuosité au toit d'une galerie.	id.	Négligence des exploitants, qui avaient laissé la conduite générale d'aérage en mauvais état. Défaut de surveillance des lampes de la part du lampiste.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Marteret (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — La couche Batarde, presque verticale, était prise par tranches successives en montant. La tranche enlevée n'était remblayée qu'au fur et à mesure de l'exploitation de la tranche supérieure, ce qui permettait au courant d'air arrivant par la tranche enlevée de passer au front de taille même de la tranche en cours d'exploitation. La couche était gazeuse. Dans les dépilages, on se servait de lampes Muëseler. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier travaillait à un front de taille où arrivait le courant d'air ; ayant approché de ce front de taille, sa lampe de sûreté détamisée, il détermina l'explosion d'une petite quantité de grisou contenue dans une poche de 0m40 de profondeur. Il fut brûlé grièvement. **Remarques particulières.** — Des clefs étaient laissées à la disposition des ouvriers dans la galerie de roulage. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — Les exploitants ont été invités à prendre des mesures efficaces pour empêcher les ouvriers d'ouvrir librement leurs lampes de sûreté.
Indications générales. — L'aérage, naturel, était défectueux. Le courant d'air se divisait en plusieurs branches. La conduite était mal entretenue, et certaines parties, trop étroites, ne laissaient passer qu'une quantité d'air insuffisante. L'air, débouchant d'ouvertures placées à la partie inférieure de chantiers d'une hauteur de 3 mètres, tendait naturellement à s'étaler dans le bas, en laissant le grisou s'accumuler librement au plafond. Le courant d'air ne donnait que 0mq386 par seconde dans le chantier où a eu lieu l'explosion. La couche était presque verticale, elle était exploitée par tranches horizontales prises en remontant et remblayées au fur et à mesure. Le travail ordinaire se faisait avec des lampes Muëseler. **Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers s'étaient réunis pour prendre leur repas du soir ; l'un d'eux se rendit dans un chantier où le travail avait déjà cessé, pour y chercher un camarade absent. Une explosion se produisit et se propagea rapidement dans les galeries avoisinantes. Les trois mineurs furent brûlés mortellement, ainsi que deux piqueurs qui se trouvaient dans un chantier voisin ; deux ouvriers qui travaillaient un peu plus loin furent épargnés. Les cinq victimes coururent au puits, où on leur donna les premiers soins ; l'une d'elles put même gagner à pied son domicile, mais trois jours après tous avaient succombé. **Remarques particulières.** — On a retrouvé dans le chantier où l'explosion a pris naissance, la lampe qui l'avait provoquée. Elle portait deux ébréchures anciennes à la partie supérieure du cylindre de cristal. Sur quarante-six lampes de cette même mine examinées ensuite, on en a trouvé douze dont les verres portaient des ébréchures semblables, quoique moins importantes. Les ouvriers qui se trouvaient à l'étage supérieur ont senti un violent courant d'air et ont vu arriver un flot de fumée et de poussière, qui a pu être dirigé immédiatement vers le puits. La flamme s'est étendue à 18m contre le courant d'air, et, dans le sens du courant, à 50m d'un côté, 80m d'un deuxième et 60m dans une troisième direction ; elle a pénétré jusqu'à 15m dans le travers-bancs du retour d'air. On a remarqué sur les bois, là où les flammes avaient pénétré, des dépôts de coke pulvérulent et de exsudations résineuses.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

17. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
306	1878 14 Octobre.	Puits Ste-Barbe. — Couche Bâtarde.	11 dont 8 brulés 2 asphyxiés 1 contusionné.	3 Brûlés légèrement.	56	1592	Niveau en percement, aéré seulement par diffusion sur 26m de longueur. — Chômage de 36 heures	Lampe de sûreté de construction défectueuse et mal entretenue.	Imprudence et négligence du sous-gouverneur, qui, après avoir constaté la présence du gaz dans un chantier, n'y avait pas interdit le travail et n'avait pas vérifié avec assez de soin, l'état de la lampe dont il se servait. Négligence du lampiste dans la surveillance des lampes.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Martoret (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Les poussières ont dû jouer un assez grand rôle dans l'accident; les galeries étaient sèches et très poussiéreuses dans la région.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Une circulaire a été adressée à tous les ingénieurs des mines, pour les inviter à tenir les exploitants en garde contre la tendance des verres de lampes Muëseler à s'ébrécher par le haut.

Indications générales. — L'aérage se faisait naturellement entre les puits Ste-Barbe et du Midi.

La distribution de l'air aux différents étages était bonne; mais le chantier où l'accident s'est produit n'était aéré que par diffusion, sur 26m de longueur. Deux chantiers voisins, de 17 et 24m d'avancement, trouvaient dans les mêmes conditions.

Le volume d'air de 3mq1/2 par seconde qui parcourait les travaux, pouvait être considéré comme suffisant pour une extraction journalière de 90 tonnes. Quelques portes d'aérage laissaient à désirer comme installation et plusieurs galeries offraient des sections trop étroites.

Circonstances de l'accident. — Après un chômage de 36 heures, et peu de temps après l'arrivée des ouvriers, une explosion se produisit dans un niveau en percement dans la couche Bâtarde, à l'étage moyen du puits Ste-Barbe, et se propagea dans les chantiers voisins.

Le sauvetage commença immédiatement. Sur dix-neuf ouvriers occupés dans cette partie de la mine, cinq seulement furent retirés sains et saufs, huit étaient mortellement brûlés, deux avaient eté asphyxiés un écrasé contre la paroi d'une galerie et trois brûlés légèrement.

Remarques particulières. — Le grisou n'avait encore été rencontré, ni dans le niveau où a eu lieu l'accident, ni dans les niveaux voisins. Le sous-gouverneur l'avait reconnu dans le chantier, la veille et le matin, en faisant sa visite, mais au lieu d'interdire le travail dans ce chantier, il s'était contenté de faire des recommandations aux ouvriers. Au moment de l'accident, le gaz marquait à la lampe au toit du niveau, sur 0m60 de hauteur.

Aucun éboulement n'avait eu lieu; les flammes avaient laissé des traces de leur passage dans deux directions différentes, respectivement sur des longueurs de 75 et 100m. Les bois étaient recouverts de nombreuses exsudations résineuses et de dépôts de coke friable atteignant à certains points deux centimètres et demi d'épaisseur; les traces de l'explosion disparaissaient aux points où les galeries devenaient humides.

La partie de la mine où l'explosion s'est produite était très poussiéreuse. Les poussières ont dû jouer un grand rôle dans l'accident et certainement en aggraver les conséquences.

Une lampe Muesëler de construction défectueuse et mal entretenue, a été considérée comme la cause immédiate de l'explosion. La surface supérieure du verre n'était pas plane sur toute la circonférence; le diaphragme, trop petit, pouvait ne pas couvrir entièrement le verre; la rondelle qui appliquait le diaphragme sur le verre n'emboîtait pas exactement ce dernier, elle était trop grande; enfin le rebord de la couronne métallique du cadre ne s'appliquait pas sur le rebord de l'anneau portant le treillis; l'intervalle entre ces deux rebords était de deux millimètres, de sorte que la lampe étant fermée, le verre le diaphragme et le treillis ballotaient fortement.

Le service de la lampisterie était d'ailleurs fait avec peu de soin et plusieurs autres lampes présentaient des défauts graves.

Un arrêté préfectoral du 20 mars 1858 avait prescrit l'emploi des caisses d'aérage dans les chantiers en cul-de-sac du puits Ste-Barbe; cette prescription n'avait pas été suivie.

Du 13 au 14 octobre, une dépression barométrique de 6 millimètres avait eu lieu; mais on ne lui a pas été attribué d'influence sérieuse sur le dégagement du grisou.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

17. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10

18. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	Tués.	Blessés.	OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	Causes indirectes.
						Tonnes			
307	1866 21 Mars.	Puits Ste-Catherine. — 15e couche.	»	1 Brûlé légèrement.	141	37.404	?	Lampe à feu nu.	»
308	1867 13 Février.	id. — 17e couche.	»	1 Brûlé	148	40.154	Petite cloche formée par un éboulement dans une galerie de niveau.	id.	Imprudence de la victime, qui avait élevé sa lampe à feu nu dans une cloche.
309	1869 8 Mars.	id. — id	»	1 Brûlé assez grièvement.	185	38.967	Chantier en remonte.	Lampe de sûreté inclinée pour allumer la mèche d'un coup de mine.	Imprudence de la victime, qui avait mis le feu à un coup de mine avec sa lampe de sûreté inclinée, sans s'être préalablement assurée de l'absence du grisou dans son chantier.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Marteret (suite).

OBSERVATIONS.
11
Mesures prises à la suite de l'accident. — L'enlèvement des poussières et l'arrosage des galeries dans le voisinage des chantiers ont été recommandés aux exploitants. Les culs-de-sac ont été aérés au moyen de faux puits pratiqués de 5 mètres en 5 mètres.

de a Porchère.

du 12 Mai 1825).

Indications générales. — La couche était peu gazeuse. Le travail ordinaire se faisait avec des lampes à feu nu, après une visite préalable des chantiers avec une lampe de sûreté. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu détermina une faible explosion de grisou qui le brûla légèrement.
Indications générales. — La partie inférieure de la couche était seule exploitée; la présence du grisou n'y avait pas encore été signalée. On l'avait seulement reconnu dans le banc supérieur non exploité. On se servait de lampes de sûreté aux avancements. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu occasionna l'inflammation d'une petite quantité de grisou accumulé dans une cloche produite par un éboulement dans une galerie de niveau.
Circonstances de l'accident. — On pratiquait l'abatage à la poudre dans un chantier en remonte de la 17e couche du puits Ste-Catherine. Un ouvrier voulant mettre le feu à un coup de mine avec sa lampe de sûreté qu'il avait inclinée, détermina l'inflammation d'une petite quantité de grisou, qui lui fit des brûlures assez graves.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

18. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
310	1870 19 Juin.	Puits Ste-Catherine. — 17e couche.	»	4 Brûlés dont 1 légèrement.	132	34.962	Chantier situé en dehors du courant d'air abandonné depuis quelques heures.	Lampe de sureté détamisée.	Imprudence de l'une des victimes, qui avait détamisé sa lampe dans un chantier grisouteux. Négligence du lampiste qui, malgré des ordres qu'il avait reçus, remettait aux ouvriers des lampes de sûreté non fermées à clef. Négligence du sous-gouverneur, qui tolérait l'emploi des lampes de sûreté détamisées. Négligence du gouverneur, qui n'avait pas barré l'entrée d'un chantier abandonné pour 36 heures, où le grisou avait été reconnu.
311	1873 23 Mai.	id. — 18e couche.	4 Brûlés.	5 dont 4 brûlés et 1 contusionné.	174	36.365	Aérage insuffisant de l'avancement d'un dépilage. Action funeste du ventilateur destiné à aérer le chantier, qui, placé en dehors du courant d'air, ne faisait que bras-	Flamme d'un coup de mine.	Négligence du gouverneur, qui aurait dû placer le ventilateur dans des conditions telles que son action pût être efficace, et empêcher le tirage des coups de mine dans une atmosphère qu'il savait chargée de grisou.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Perchère (suite).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Le Puits Ste-Catherine exploitait simultanément deux couches par la recette de 109 mètres reliée à la couche inférieure, la 17e couche, par un travers-bancs. Au toit de cette couche, à son intersection avec le travers-bancs, on avait percé un faux puits qui recoupait la couche supérieure

L'air descendait par le Puits Ste-Catherine jusqu'à la recette de 109m, suivait le travers-bancs où il se divisait en deux parties, dont l'une s'élevait par le faux puits, aérait la couche supérieure et sortait par le Puits Durand; l'autre aérait la 17e couche et sortait par une fendue. L'aérage était bon quelques chantiers seulement se trouvaient en dehors du courant d'air.

La couche inférieure dégageait du grisou et l'emploi des lampes de sûreté y avait d'abord été exclusif; puis, l'aérage ayant été rendu très actif, les ouvriers qui ne travaillaient pas aux avancements avaient été munis de lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Cinq ouvriers travaillaient au voisinage d'une galerie en cul-de-sac, où le grisou avait été reconnu et dans laquelle le travail avait été suspendu depuis plus de 6 heures; ils étaient munis de lampes de sûreté. L'un d'eux étant entré dans cette galerie avec sa lampe détamisée, pour satisfaire un besoin naturel, détermina l'explosion du grisou qui s'y trouvait accumulé; il fut brûlé légèrement, trois autres ouvriers furent plus grièvement atteints.

Remarques particulières. — L'explosion fut faible, les boisages des galeries sont restés intacts. Les dépôts de poussière de charbon sur les cadres ont montré que les flammes s'étaient développées avec la plus grande intensité en sens inverse du courant d'air; dans la galerie où l'explosion a pris naissance, ils étaient peu abondants.

Pendant la nuit, la surveillance des lampes laissait beaucoup à désirer. Le lampiste les remettait aux ouvriers sans les fermer à clef, malgré l'ordre qu'il avait reçu de l'Ingénieur de la mine; le sous-gouverneur tolérait l'emploi des lampes détamisées.

La présence du gaz ayant été reconnue dans la galerie où l'accident s'est produit et le travail ne devant être repris dans cette galerie qu'après 36 heures d'interruption, le gouverneur surveillant le poste précédent aurait dû en faire barrer l'entrée.

Indications générales. — L'aérage était défectueux.

Les dépilages en remonte étaient pratiqués en dehors du courant d'air, dans une couche reconnue grisouteuse.

Circonstances de l'accident. — On poussait un dépilage chassant, sans avoir pris de dispositions pour faire passer le courant d'air au front de taille. Un peu en arrière de celui-ci, se trouvait une remontée remplie de grisou, au pied de laquelle on avait disposé, pour l'aérer, un ventilateur à bras.

Pendant que quatre ouvriers attendaient au pied de cette remontée que le grisou eut été chassé par l'effet du ventilateur, deux piqueurs chargèrent et allumèrent successivement trois coups de mine à l'avancement du dépilage. Le troisième détermina une explosion de grisou; les six ouvriers furent brûlés, ainsi que deux autres qui travaillaient dans le voisinage; un dernier ouvrier, projeté par le courant d'air sur une benne, fut gravement contusionné. Quatre d'entre eux moururent des suites de leurs brûlures.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

18. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
							ser ensemble sur place, l'air et le grisou.		Négligence de l'ingénieur de la mine, qui aurait dû surveiller la position du ventilateur et ne pas pratiquer de tailles en remonte dans une couche grisouteuse, sans faire arriver l'air aux fronts de taille.
19. — Concession (Instituée par décret du									
						Tonnes			
312	1859 30 Janvier.	Puits Grégoire	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	Cloche produite par un éboulement au toit d'une remontée en percement.	Lampe à feu nu.	»
20. — Concession (Instituée par décret du									
313	1865 3 Juin.	Puits Ste-Marie.	»	1 Brûlé légèrement.	102	Tonnes 29.396	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu dans un chantier

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Perchère (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Remarques particulières. — L'explosion fut très forte, la commotion fut ressentie violemment à plus de 70 mètres de distance; la flamme ne s'est pas étendue loin, grâce sans doute à l'humidité de la couche et à l'absence de poussières charbonneuses. Le ventilateur à bras, placé en dehors du courant d'air, ne faisait que brasser ensemble sur place l'air et le grisou; le gouverneur n'aurait pas dû le laisser disposer dans d'aussi mauvaises conditions. L'ingénieur de la mine eut dû également en surveiller l'établissement et ne pas laisser pratiquer des tailles en remonte dans une couche grisouteuse, sans avoir préalablement fait rattacher le front de taille au courant d'air général. Le gouverneur eût dû empêcher le tirage des coups de mine dans une atmosphère qu'il savait chargée de grisou.

de Reveux.

18 Juillet 1825).

Indications générales. — La présence du grisou n'avait jamais été constatée dans la mine. Les lampes à feu nu y étaient exclusivement employées.

Circonstances de l'accident. — On perçait une remontée dans une partie resserrée de la grande masse de Méons. L'ouvrier qui travaillait à l'avancement ayant constaté, à son arrivée au chantier, qu'un éboulement y avait eu lieu, éleva sa lampe à feu nu pour examiner le toit détermina l'explosion d'une petite quantité de grisou qui s'était accumulé dans une cloche produite par l'éboulement. Cet ouvrier fut brûlé légèrement, un de ses camarades qui se trouvait à quelques mètres de lui ne fut pas atteint.

Mesures prises à la suite de l'accident. — A la suite de l'accident, le gouverneur a été chargé de faire la visite des chantiers avec une lampe de sûreté avant l'arrivée des ouvriers.

de la Faverge.

25 Février 1851).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier employé depuis huit jours seulement dans la mine, avait été ramené près du puits par le sous-gouverneur. Malgré les observations de ses camarades, il voulut aller chercher un vêtement qu'il avait laissé dans son chantier; il se trompa de chemin et pénétra avec sa lampe à feu nu dans un chantier grisouteux, dont l'entrée était défendue par des écoins en croix; il détermina une explosion de grisou qui le brûla très grièvement.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

20. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			grisouteux, dont l'entrée était barrée.
314	1874 21 Avril.	Puits Sainte-Marie.	»	1 Brûlé légèrement.	115	30.331	Surélévation du toit d'une galerie de niveau, au voisinage d'une remontée en percement dégageant du grisou. Insuffisance du courant d'air dans le niveau.	Lampe à feu nu.	Négligence du gouverneur qui avait laissé un ouvrier travailler à feu nu au voisinage d'une remontée grisouteuse.

21. — Concession

(Instituée par décret

315	1847 14 Octobre.	Puits Montessu.	3 Asphyxiés.	»	10	1.221	?	Lampe de sûreté ouverte.	Imprudence du gouverneur, qui avait ouvert sa lampe de sûreté.
316	1851 8 Mai.	Puits Montessu n° 2. — 1re couche.	»	3 Brûlés légèrement.	41	2.543	Anciens travaux en partie éboulés.	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'une des victimes qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu dans de vieux travaux, malgré la défense.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Faverge (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — L'aérage était peu actif ; l'air s'élevait dans les différents niveaux sans être dirigé par aucune porte.

Le grisou se montrait irrégulièrement et en petite quantité dans les travaux.

Circonstances de l'accident. — Un boiseur travaillait dans une galerie de niveau où passait un faible courant d'air et en un point où cette galerie se trouvait surélevée de 0m20. A 10m de là se trouvait une remontée en percement, de 5m de longueur, où la présence du grisou avait été constatée. En élevant au toit sa lampe à feu nu, l'ouvrier enflamma une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement.

Remarques particulières. — Le boiseur travaillant dans le voisinage d'une remontée grisouteuse, aurait dû être muni d'une lampe de sûreté.

d'Unieux et Fraisse.

du 30 Novembre 1825).

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers et un gouverneur furent asphyxiés à la suite d'une explosion de grisou qui avait été produite par une lampe de sûreté ouverte par le gouverneur.

Circonstances de l'accident. — Une galerie de direction en percement avait rencontré d'anciens travaux en partie éboulés, trois ouvriers étaient occupés à la boiser.

L'un d'eux, malgré la défense, pénétra avec sa lampe à feu nu dans une descente où des éboulements avaient produit un vide montant ; s'élevant sur les déblais, il détermina l'inflammation du grisou. Les trois ouvriers furent brûlés légèrement.

Remarques particulières. — L'inflammation ne se propagea pas au-delà de la galerie de direction, à l'extrémité de laquelle passait un courant d'air très actif.

A. — MINES DE HOUILLE.

3. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

21. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
317	1854 19 Août.	Puits Combe-Blanche n° 2.	»	1 Brûlé grièvement.	195	20.605	?	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu, dans un chantier grisouteux dont l'entrée était barrée.
318	1854 2 Octobre.	Puits Combe-Blanche n° 1. — 4e couche.	»	3 Brûlés dont 1 assez grièvement.	id.	id.	Chômage de 36 heures dans un chantier en remonte.	id.	Imprudence de deux des victimes qui n'avaient pas attendu que le gouverneur eût fait la visite de leur chantier et y étaient entrés avec une lampe à feu nu.
319	1856 2 Avril.	Puits Combe-Blanche n° 3.	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	?	id	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu, dans un chantier reconnu grisouteux.
320	1856 7 Juillet.	id.	»	3 Brûlés dont 1 grièvement.	329	29.271	Remontée en cul de sac de 5m de longueur.	id.	Imprudence des victimes qui, malgré la défense, avaient introduit une lampe à feu nu dans leur chantier.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un sous-gouverneur et un ouvrier étaient occupés à poser une porte d'aérage. Le sous-gouverneur envoya chercher du foin dans un chantier voisin ; n'en ayant pas trouvé, l'ouvrier pénétra dans un autre chantier contenant du grisou et dont l'entrée était barrée par des écoins ; sa lampe à feu nu occasionna une explosion de gaz qui le brûla grièvement.
Indications générales. — La quatrième couche, exploitée au puits Combe-Blanche n° 2, dégageait du grisou dans des proportions peu considérables. Le gouverneur, muni d'une lampe de sûreté, visitait les chantiers avant l'arrivée des ouvriers. **Circonstances de l'accident.** — Après 36 heures de chômage, deux piqueurs et un jeune rouleur se rendaient à leur travail, dans un chantier en remonte de 4m de longueur, avant que le gouverneur n'en eut fait la visite. L'un des piqueurs s'avança vers le front de taille, et éleva sa lampe à feu nu pour s'assurer de la solidité du toit ; il détermina une explosion de grisou qui le brûla grièvement et causa de légères brûlures aux deux autres ouvriers restés dans le niveau inférieur.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier sortant de la mine, s'engagea sans besoin, avec une lampe à feu nu, dans un chantier qu'il savait dégager du grisou ; il occasionna une petite explosion qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers travaillaient dans une petite remontée de 5m de longueur, partant du principal niveau de roulage et dans la partie supérieure de laquelle le gouverneur avait reconnu un peu de grisou en faisant sa visite. Ils étaient munis de lampes de sûreté et avaient reçu l'ordre de laisser leurs lampes à feu nu dans le niveau. L'un d'eux ayant enfreint cet ordre, et ayant approché une lampe à feu nu du front de taille pour y voir plus clair, occasionna une petite inflammation de grisou qui les brûla tous trois

A. — MINES DE HOUILLE.

3. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

21. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
321	1856 31 Octobre.	Puits Combe-Blanche — 3e niveau.	»	1 Brûlé assez grièvement.	329	27.271	Éboulement dans une rémontée en cul-de-sac, qui avait chassé dans un niveau inférieur le grisou accumulé dans cette remontée.	Lampe à feu nu.	»
322	1857 10 Août.	id.	»	1 Brûlé légèrement	210	23.561	Suspension de travail pendant une nuit, dans un chantier en remonte.	id.	Imprévoyance de la victime qui, arrivée à son chantier avant l'heure de la visite du gouverneur, avait mis en marche le ventilateur destiné à l'aérer, et chassé ainsi, sur sa lampe à feu nu, le grisou qui s'y était accumulé pendant la nuit.
323	1857 16 Novembre	id. — n° 2.	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	Chômage de quelques heures dans une remontée.	id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré, munie d'une lampe à feu nu, dans un chantier dont l'entrée était barrée.
324	1857 28 Décembre.	id.	»	2 Brûlés dont	id.	id.	Renversement du courant d'air	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier était occupé dans un niveau, au pied d'une petite remontée où le grisou avait été constaté et où il était défendu d'entrer avec une lampe à feu nu. Un éboulement s'étant produit dans la remontée, le grisou chassé du chantier vint s'enflammer sur la lampe à feu nu de l'ouvrier et le brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Un jeune ouvrier, chargé de la manœuvre d'un ventilateur à bras, aérait un chantier en remonte. S'étant rendu à son poste une heure avant l'heure habituelle et avant que la visite du gouverneur ne fut faite, il mit en marche le ventilateur placé au pied de la remontée, après avoir placé près de lui sa lampe à feu nu. Le grisou, qui pendant la nuit s'était accumulé en faible quantité dans le chantier, vint s'enflammer à cette lampe L'ouvrier fut légèrement brûlé.
Circonstances de l'accident. — Une galerie au rocher, partant de la recette du puits, avait rencontré une couche de houille dans laquelle on poursuivait un niveau et une remontée ; ces travaux avaient un développement très faible et n'avaient encore donné aucune trace de grisou. Le matin de l'accident, on avait cessé le travail dans la remontée et, par mesure de prudence, on en avait barré l'entrée avec des écoins. Vers 6 heures du soir, un ouvrier, travaillant près de là, entra avec une lampe à feu nu dans la remontée, qui n'avait que 3 mètres de longueur, et enflamma une petite quantité de gaz qui se trouvait accumuléeà l'extrémité. Il fut légèrement brûlé.
Indications générales. — L'aérage général laissait à désirer. Le courant d'air n'était déterminé que par une différence de niveau d'un mètre, et, une fois établi, il se dérangeait facilement, par suite

A. — MINES DE HOUILLE

3. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

21. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
				1 légèrement.		Tonnes			
325	1858 16 Février.	Puits Montessu n° 2	1 Brûlé.	2 Brûlés légèrement.	185	27.809	Suspension de travail pendant une nuit dans un chantier en remonte.	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'une des victimes, qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu dans un chantier où les lampes de sûreté étaient seules permises.
326	1858 19 Juin	Puits Combe-Blanche n° 3. — 3e Couche.	»	2 Brûlés dont 1 légèrement.	id.	id.	Renversement du courant d'air	id.	Imprudence du sous-gouverneur, l'une des victimes, qui, malgré la défense, faisait la visite des chantiers avec une lampe à feu nu.

2 — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

de l'ouverture des portes livrant passage aux bennes, ou simplement par le mouvement des bennes dans le puits.

Circonstances de l'accident. — Huit ouvriers, avant de se mettre au travail, attendaient, dans un niveau, qu'un ventilateur manœuvré par un de leurs camarades, et destiné à chasser le grisou d'une remontée voisine, longue de 40 mètres, eut complétement assaini cette remontée. Ils étaient placés dans le courant d'air, à quelques mètres de la remontée et portaient des lampes à feu nu.

Il y avait environ cinq minutes que le ventilateur fonctionnait, lorsqu'un changement brusque du courant d'air, amena vers eux le grisou chassé du chantier; une faible explosion eut lieu, brûla grièvement l'ouvrier qui manœuvrait le ventilateur et légèrement le plus voisin des autres ouvriers.

Remarques particulières — La cause du renversement du courant d'air n'a pu être déterminée avec certitude.

Indications générales. — Les travaux du Puits Montessu n° 2, repris depuis peu de temps, ne consistaient qu'en une seule galerie d'exploration, légèrement en remonte, partant de la recette inférieure; l'air, amené par un cornet, arrivait tout près du front de taille.

Les ouvriers placés à l'avancement étaient seuls munis de lampes de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier arrivant à son travail, s'étant avancé avec une lampe à feu nu jusqu'au front de taille, une petite explosion de grisou eut lieu et le brûla grièvement; il mourut des suites de ses brûlures; deux ouvriers qui se trouvaient un peu en arrière, furent également brûlés légèrement.

Remarques particulières. — Le dégagement du grisou était peu considérable; la faible quantité accumulée chaque matin au front de taille, était rapidement expulsée par le travail des ouvriers.

Indications générales. — Dans les travaux de la 3e couche du puits Combe-Blanche, on poussait deux remontées au-dessus du niveau supérieur où circulait le courant d'air; un ventilateur était placé au bas de chaque remontée pour en aérer le front de taille.

On ne travaillait dans ces deux chantiers que pendant le jour; deux heures avant le commencement de la journée, le sous-gouverneur, muni d'une lampe de sûreté, faisait mettre en marche le ventilateur pour expulser le grisou accumulé pendant la nuit.

Le courant d'air était sujet à des changements de sens assez fréquents, par suite du peu de différence de niveau entre les puits nos 2 et 3.

Circonstances de l'accident. — La première remontée avait été assainie avant l'arrivée des ouvriers; le second ventilateur était en mouvement, lorsqu'un brusque changement de sens du courant d'air chassa le mélange grisouteux sortant de la seconde remontée sur une lampe à feu nu que le gouverneur avait laissée dans le niveau, entre les deux chantiers. Le sous-gouverneur fut légèrement brûlé; l'ouvrier qui tournait le ventilateur fut au contraire assez grièvement atteint.

Remarques particulières. — D'après les ordres de la Direction de la mine et les prescriptions d'un arrêté préfectoral, il était défendu au sous-gouverneur de se servir de lampes à feu nu pour la visite des chantiers.

A. — MINES DE HOUILLE.

3. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

21. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
327	1858 2 Août.	Puits Combe-Blanche n° 3. — 3e couche.	»	1 Brûlé. assez grièvement.	185	27.809	Suspension de travail, pendant plusieurs jours, dans un chantier en cul-de-sac.	id.	Imprudence de la victime, qui avait visité avec une lampe à feu nu, un chantier en cul-de-sac, abandonné depuis plusieurs jours.
328	1858 25 Septembre.	Puits Montessu n° 2.	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	Chômage d'une demi-heure à l'avancement d'un niveau.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime, qui était rentrée dans son chantier avec sa lampe de sûreté détamisée.
329	1858 7 Novembre.	Puits Combe-Blanche n° 2. — 1re couche.	»	3 Brûlés dont 1 assez grièvement.	id.	id.	Chantier en remonte et en cul-de-sac, abandonné depuis quelques heures.	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'une des victimes, qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu et malgré les conseils de ses camarades, dans un chantier barré.
330	1859 10 Novembre.	Puits Combe-Blanche n° 3.	1 Brûlé	»	180	28.065	id.	id.	id.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (suite).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un sous-gouverneur se rendait dans un petit niveau partant d'une remontée située à la partie supérieure des travaux de la 3me couche du puits Combe-Blanche n° 3, pour voir si depuis la suspension du travail qui remontait à plusieurs jours, il ne s'y était pas produit d'éboulements. En se dirigeant vers ce niveau, il passa dans un chantier qui renfermait du grisou; les ouvriers de cet atelier ayant besoin d'une lampe de sûreté, il leur laissa la sienne et continua sa route avec une lampe à feu nu. A peine était-il engagé dans le niveau, qu'une petite explosion eut lieu et le brûla assez grièvement. **Remarques particulières.** — Le grisou n'avait pas encore été reconnu dans le niveau; il y avait néanmoins imprudence à le visiter avec une lampe à feu nu, après une suspension de travail de quelques jours.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, travaillant à l'avancement d'un niveau d'exploration du puits Montessu n° 2, venait de prendre son repas, pendant lequel il avait détamisé sa lampe; en rentrant au chantier sans prendre le soin de replacer le treillis, il détermina une petite inflammation de grisou et fut brûlé légèrement.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés à remblayer une descente partant du 3me niveau de la 1re couche du puits Combe-Blanche n° 2; à côté d'eux était un petit niveau au bout duquel on avait commencé la veille une petite remontée pour l'aérage; cette remontée n'avait que 2m de longueur. Un troisième ouvrier venait d'être envoyé par le gouverneur pour aider ses deux camarades. Avant de se mettre au travail, il voulut prendre son repas et, comme il avait froid, il chercha un endroit chaud. Il pénétra avec sa lampe à feu nu dans le petit niveau, après avoir enlevé les planches qui en défendaient l'entrée et malgré les représentations de ses camarades. Une explosion eut lieu et brûla les trois ouvriers; celui qui était le plus éloigné eut des brûlures assez graves.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers réparaient la voie du niveau inférieur de roulage de la recette de 185m du puits Combe-Blanche n° 3; ils se trouvaient à 80 mètres de la dernière remontée communiquant avec le niveau supérieur et par laquelle passait le courant d'air. Le niveau se poursuivait encore au-delà sur une longueur de 30m, et à 16m du retour d'air on exécutait une nouvelle remontée. Un des ouvriers étant entré sans nécessité dans cette dernière remontée, barrée cependant par des écoins, le grisou qui y était accumulé s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui fit des brûlures mortelles.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ETIENNE.

21. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
331	1860 14 Mars	Puits Combe-Blanche n° 3. — 3e couche.	»	8 Brûlés dont 1 grièvement.	190	27.954	Fermeture intempestive d'une porte d'aérage.	Lampe à feu nu.	Imprévoyance de l'une des victimes qui, chargée de la surveillance avait laissé fermer intempestivement une porte d'aérage.
332	1872 5 Février.	Puits Montessu n° 2.	3 Brûlés	1 Brûlé grièvement.	159	30.037	Insuffisance de l'aérage naturel. Refoulement du grisou chassé par des ventilateurs de trois remontées en percement dans une couche très grisouteuse.	Lampes de sûreté détamisées.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un petit niveau avait mis en communication deux remontées donnant sur le chemin d'aérage venant du puits n° 2.

Une porte avait été installée dans ce chemin pour forcer l'air à passer dans les remontées et dans le petit niveau supérieur. Cette porte était restée ouverte le samedi soir.

Le lundi matin, huit ouvriers arrivant à leur travail se reposaient entre la porte d'aérage et la deuxième remontée; ils étaient munis de lampes à feu nu; la porte ayant été fermée, le courant d'air chassa le grisou accumulé dans les deux remontées et une explosion se produisit. Les huit ouvriers furent brûlés, l'un d'eux grièvement.

Remarques particulières. — L'un des ouvriers avait été chargé par le boiseur remplissant les fonctions de surveillant, en l'absence du gouverneur malade, de surveiller l'arrivée de ses camarades et de les empêcher d'aller dans les remontées; il ne s'est pas rendu compte que la fermeture de la porte d'aérage forcerait le courant d'air à passer dans les remontées et que le grisou serait alors chassé dans le niveau inférieur.

Indications générales. — La concession d'Unieux et Fraisse était épuisée; les travaux ne consistaient plus qu'en deux niveaux voisins, poussés à la limite du champ d'exploitation, et en trois remontées en percement dans le niveau supérieur.

L'aérage était défectueux. Il se faisait naturellement. L'air entrait par le puits Montessu n° 2 et par une fendue très étroite, et sortait par le puits Montessu n° 3.

Le courant d'air était constamment descendant, il était faible et mal assuré. En hiver, et par le vent du Nord, il était assez vif; mais en été et avec le vent du Sud il pouvait se renverser. Enfin les avancements des deux niveaux n'étaient aérés que par diffusion sur des longueurs de 60 à 90 mètres et les trois remontées en percement étaient aérées, chacune au moyen d'un ventilateur établi dans le courant d'air.

La couche dégageait beaucoup de grisou.

Circonstances de l'accident. — Avant l'entrée du poste de jour, trois ouvriers étaient occupés à manœuvrer les ventilateurs chargés de purger les trois remontées; ils étaient seuls dans la mine avec un sous-gouverneur, lorsqu'une explosion de grisou se produisit; un seul ouvrier put être sauvé, il était grièvement brûlé; les deux autres et le gouverneur ne purent être retirés de la mine que neuf heures après l'explosion; tous trois avaient succombé.

Remarques particulières. — L'explosion fut très forte, la détonation fut entendue au jour et l'on vit sortir de la fumée par le puits n° 3 de sortie d'air; les gaz irrespirables ne permirent de pénétrer dans la mine que quelques jours après l'explosion.

Deux des lampes de sûreté furent retrouvées ouvertes auprès des cadavres du sous-gouverneur et de l'un des ouvriers, à 30^{m} des ventilateurs et à l'entrée du courant d'air dans les travaux en activité. Une de ces lampes avait dû s'éteindre, et c'est au moment où le sous-gouverneur la rallumait à l'aide de l'autre lampe que l'explosion aura eu lieu.

Quelques croûtes de coke avaient été déposées sur les bois, vers l'extrémité du niveau inférieur et

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

21 — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'acci-dent. 2	LIEU de l'acci-dent. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10

22. — Concession

(Instituée par décret du

Nos d'ordre.	DATE de l'accident.	LIEU de l'accident.	Tués.	Blessés.	OUVRIERS au fond.	PRODUCTION annuelle de la mine.	de l'accumulation du gaz.	de l'inflammation du gaz.	Causes indirectes.
						Tonnes			
333	1839 26 Février.	Puits Kemmel.	»	2 Brûlés	29	11.500	Chantier en cul-de-sac.	Lampe à feu nu.	»
334	1843 17 Janvier.	Puits St-Jean. — Couche des Rochet-tes.	»	1 Brûlé.	25	10.864	?	id.	Imprudence de la victime, qui avait malgré la défense, pénétré dans un chantier avec une lampe à feu nu.
335	1852 15 Mars.	Puits Neuf. — 3me Couche	»	5 Brûlés.	?	?	Refoulement du grisou d'un chantier, par suite de la mise en marche d'un ventilateur.	id.	Imprudence des victimes qui, munies de lampes à feu nu, restaient près d'un chantier d'où l'on expulsait le grisou avec un ventilateur.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

d'Unieux et Fraisse (suite).

OBSERVATIONS.

11

dans une remontée reliant les deux niveaux ; elles se trouvaient toutes sur les faces les plus rapprochées des fronts de taille.

Au moment de l'accident, une température douce et un vent violent du Sud annulaient à peu près le courant d'air, ce qui avait permis au grisou chassé des remontées par les ventilateurs de refluer vers l'entrée ordinaire de l'air.

La couche dégageant beaucoup de grisou, les percements eussent dû être faits en descente.

de Montieux.

6 Novembre 1825).

Indications générales. — La couche était peu gazeuse.

Le travail se faisait avec des lampes ordinaires, même dans les remontées.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier de niveau, en cul-de-sac, lorsqu'une petite quantité de grisou s'enflamma sur une de leurs lampes à feu nu et leur causa à tous deux des brûlures.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier étant entré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'emploi de cette lampe étant défendu, détermina l'explosion du grisou qui y était accumulé et reçut quelques brûlures.

Circonstances de l'accident. — Cinq ouvriers se trouvaient dans une galerie où passait le courant d'air, près d'un chantier qu'on assainissait au moyen d'un ventilateur ; le gaz chassé du chantier vint s'enflammer sur une lampe à feu nu et brûla les cinq ouvriers.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

N^os d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
336	1853 27 Juin.	Puits Neuf. — 5e couche.	1 Brûlé et contusionné.	»	?	?	Chômage d'un jour, dans une remontée de 5 mètres de longueur.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, sachant que son chantier dégageait du grisou, y était entrée avec une lampe à feu nu et avait agité l'air avec sa chemise pour chasser le gaz.
337	1853 3 Juillet.	Puits St-Simon.	1 Brûlé	2 Brûlés légèrement.	203	59.398	Interruption accidentelle du courant d'air et dégagement anormal de grisou à la suite d'un éboulement.	Id.	Imprudence de l'une des victimes, qui était entrée avec une lampe à feu nu dans un chantier où la présence du grisou était à redouter.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Montieux (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, entrant après un jour de chômage, dans son chantier où il avait constaté l'avant-veille un peu de grisou, accrocha sa lampe à feu nu au sommet d'une butte et, ayant enlevé sa chemise, s'en servit pour agiter l'air et chasser le grisou ; le gaz déplacé vint s'enflammer sur la lampe ; l'ouvrier fut jeté à terre par l'explosion et mourut des suites de ses brûlures.

Remarques particulières. — Le chantier, en remonte sur 5 mètres de longueur, était situé dans le prolongement d'une autre remontée, par où montait le courant d'air.

L'ouvrier n'avait pas prévenu le gouverneur de la présence du grisou dans la remontée où il travaillait. Il était d'ailleurs muni d'une lampe de sûreté, dont il eut dû se servir.

Indications générales. — Le niveau supérieur du puits St-Simon, partant de la limite sud de la concession et se dirigeant vers le Puits Neuf, était en communication avec le niveau inférieur de roulage, par trois galeries montantes, dont l'une longeait la limite de la concession. L'aérage, sans être très actif, était suffisant pour chasser le gaz qui se dégageait en quantité assez notable dans la partie supérieure des travaux.

Le 1er Juillet, un éboulement assez important s'était produit dans la partie sud du niveau supérieur et empêchait le courant d'air de passer.

La visite des chantiers était faite régulièrement. Dans chaque atelier, une lampe de sûreté était mise à la disposition des ouvriers, pour qu'ils pussent toujours s'assurer de l'état du chantier avant d'y travailler.

Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers ayant terminé leur travail dans le niveau supérieur, se préparaient à partir. L'un d'eux, voulant satisfaire un besoin naturel, entra dans un cul-de-sac voisin de la partie éboulée ; à peine avait-il accroché sa lampe à feu nu au sommet d'une des buttes du cadre d'entrée, qu'une explosion se produisit et le brûla légèrement. La flamme, en parcourant le niveau, vint brûler mortellement un deuxième ouvrier qui changeait de chemise. Le troisième ouvrier, qui descendait vers le niveau inférieur, fut aussi brûlé légèrement.

Remarques particulières. — Le jour de l'accident, la visite des chantiers avait été faite ; on n'avait reconnu de grisou dans aucun des chantiers en activité.

Il est probable que l'éboulement, tout en interceptant le courant d'air, avait aussi accéléré le dégagement du grisou, dans le niveau.

Les ouvriers éprouvaient beaucoup de répugnance à se servir des lampes de sûreté et ne les employaient qu'à la dernière extrémité, ces lampes donnant moins de lumière que celles à feu nu.

Mesures prises à la suite de l'accident. — Les exploitants ont été invités à obliger les ouvriers à se servir des lampes de sûreté, et à abandonner provisoirement tout chantier où le grisou aurait donné, plusieurs jours de suite, des signes notables de sa présence.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
338	1857 4 Avril.	Puits St-Simon. — 3e couche.	2 Brûlés	2 Brûlés dont 1 grièvement.	251	60.420	Suspension de travail pendant une nuit dans une remontée en percement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de l'une des victimes, qui avait approché d'un point dangereux sans prendre le soin d'échanger sa lampe à feu nu contre une lampe de sûreté.
339	1857 7 Septembre.	Puits Neuf. — 7e couche. —	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	Dégagement accidentel de gaz.	id.	»
340	1858 16 Novembre.	Puits St-Simon. — 3e couche.	»	3 Brûlés légèrement.	260	59.420	Dégagement subit du grisou dans un chantier de dépilage, à la suite d'un petit éboulement du toit.	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Montieux (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — Près de l'extrémité du niveau de la 3me couche du Puits St-Simon, on avait établi une petite remontée qui avait 14m d'avancement. En cette partie de la mine, la couche était assez irrégulière et amincie et donnait du charbon très friable, circonstances ordinairement accompagnée d'un dégagement de grisou. La première fois que ce gaz avait été reconnu, un ventilateur à bras avait été placé au bas de la remontée et les ouvriers occupés dans cette partie de la mine avaient été munis de lampes de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Les ouvriers étaient à leur travail. L'un d'eux tournait le ventilateur à bras, un de ses camarades du même chantier, qui se trouvait en retard, arriva précipitamment, muni d'une lampe à feu nu ; dès qu'il eut approché, une certaine quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe ; tous deux furent brûlés mortellement ; deux autres ouvriers placés à une dizaine de mètres plus loin dans le niveau, furent également brûlés, l'un même assez grièvement.

Remarques particulières. — Plusieurs lampes de sûreté se trouvaient à quelques mètres en arrière du ventilateur ; l'ouvrier qui a occasionné l'accident, avait négligé d'en prendre une, en échange de sa lampe à feu nu, avant d'arriver au chantier.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier se rendait à son travail, muni d'une lampe à feu nu ; à peine avait-il fait quelques pas dans son chantier qu'une petite quantité de grisou prit feu et le brûla légèrement.

Remarques particulières. — Depuis fort longtemps, on n'avait pas constaté la présence du grisou dans la partie de la mine où l'accident s'est produit.

Indications générales. — La 3e couche donnait un peu de grisou vers la limite du champ d'exploitation.

Depuis plusieurs mois, on n'avait pas constaté de trace de grisou dans la région.

Dans cette partie de la mine, les ouvriers étaient munis de lampes de sûreté, à l'exception des rouleurs, qui ne circulaient que dans le courant d'air.

Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers travaillaient dans un chantier de dépilage, à 4 ou 5 mètres de la dernière descente par où passait le courant d'air, descendant du niveau de roulage à un niveau inférieur.

Dans deux visites faites à une heure et demie d'intervalle, les surveillants n'avaient pas trouvé de gaz dans ce chantier. Quelques instants après la seconde visite, un des ouvriers introduisit une lampe à feu nu dans le chantier et l'éleva pour examiner le toit ; il détermina une explosion qui causa aux trois ouvriers de légères brûlures.

Remarques particulières. — Un petit éboulement du toit du chantier, survenu avant la seconde visite, a été considéré comme ayant été cause du dégagement subit du grisou.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

Nos d'ordre.	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
341	1865 22 Juin.	Puits Neuf. — 3e couche.	»	1 Brûlé légèrement.	377	139.970	Petite remontée abandonnée, située à 4 mètres du courant d'air.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné.
342	1865 5 Décembre.	Puits de l'Est. — 8e couche	»	2 Brûlés légèrement.	id.	id.	Remontée de 10m de longueur, ouverte dans un niveau à 30m du courant d'air	id.	»
343	1870 15 Janvier.	Puits Stern. — 7e couche.	»	2 Brûlés légèrement.	390	95.150	Remontée abandonnée depuis 8 jours.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence des victimes, qui avaient pénétré avec des lampes de sûreté détamisées, dans une remontée abandonnée.
344	1870 8 Décembre.	id.	»	2 Brûlés légèrement.			Présence d'une faille longeant l'extrémité d'un niveau en percement, dont le front de taille se trouvait à 10m du courant d'air Petit éboulement du front de taille.	? Lampe Mueseler ouverte.	? Imprudence probable de la part des victimes, qui avaient dû ouvrir leur lampe.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Montieux (suite).

OBSERVATIONS.

11

Indications générales. — La couche était peu gazeuse.

Les ouvriers qui travaillaient dans le courant d'air se servaient de lampes à feu nu; les piqueurs au contraire, étaient munis de lampes de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, pénétrant dans une petite remontée abandonnée située à 4 mètres du courant d'air, mit le feu à une petite quantité de grisou et fut brûlé légèrement.

Indications générales. — La couche était peu gazeuse. Le courant d'air était très actif.

Le travail ordinaire se faisait avec des lampes à feu nu.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans une remontée de dix mètres de longueur, ouverte dans un niveau, à 30^{m} du courant d'air. Une petite quantité de grisou s'enflamma sur leurs lampes à feu nu et leur fit des brûlures légères.

Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers travaillaient dans une remontée; ils avaient détamisé leurs lampes de sûreté après le passage du sous-gouverneur. Ayant besoin d'une chaîne de plan incliné, ils pénétrèrent dans une remontée voisine, abandonnée depuis 8 jours; l'un d'eux, en arrivant au sommet de la remontée, détermina une petite explosion qui le brûla légèrement, ainsi qu'un de ses camarades placé plus bas; le troisième n'eut aucun mal.

Remarques particulières. — La remontée abandonnée avait été barrée avec des écoins en croix, mais ces écoins avaient disparu la nuit précédente.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'un niveau, dont le front de taille se trouvait à 10^{m} du courant d'air. Depuis quelques mètres, ce niveau longeait une faille et avait une légère pente ascendante; le grisou s'y était montré et les ouvriers y travaillaient avec des lampes de sûreté.

Un éboulement de menu s'étant produit au front de taille, une petite explosion eut lieu et causa aux deux ouvriers des brûlures sans gravité. Des boiseurs qui se trouvaient à 3^{m} du courant d'air, ne furent pas atteints.

Remarques particulières. — Il est probable que les deux victimes avaient ouvert la lampe Muëseler avec laquelle ils s'éclairaient.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

29. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
345	1872 9 Mars.	Puits Stern. — 7e couche.	1 Brûlé	1 Brûlé légèrement.	456	125.432	Montage en cul-de-sac aéré par diffusion.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la principale victime qui avait détamisé sa lampe Davy.
346	1872 4 Octobre.	id. — 8e couche	1 Brûlé.	id.	id.	»	Insuffisance du courant d'air général. Amorce de remontée située en dehors du courant d'air et momentanément abandonnée.	id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec sa lampe à feu nu dans une remontée abandonnée. Négligence de la direction qui laissait en mauvais état la conduite d'aérage, et n'avait pas mis un nombre suffisant de lampes de sûreté à la disposition des ouvriers.
347	1873 16 Mai.	id. — 5e couche.	»	1 Brûlé légèrement.	456	120830	Dégagement accidentel de grisou au front de taille d'un niveau situé dans le voisinage d'un rejet, à 60m du courant d'air.	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Montieux (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — A l'extrémité d'une petite descente partant du niveau de roulage de la 7me couche, on avait percé un niveau de quelques mètres de longueur, et dans ce niveau on avait commencé un montage devant rejoindre le niveau de roulage. La descente, le niveau et le montage, n'étaient aérés que par diffusion. Le grisou n'avait pas encore été rencontré dans cette partie de la couche. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier faisant visiter, sans autorisation, la mine à un étranger, pénétra dans le montage après avoir détamisé sa lampe de sûreté; une petite explosion se produisit; l'ouvrier fut brûlé mortellement, l'étranger ne reçut que des brûlures légères.
Indications générales. — La conduite d'aérage était en mauvais état et fort rétrécie en certains points; les portes restaient souvent ouvertes ou fermaient mal. La galerie de roulage, où passait le courant d'air était exempte de grisou. Les ouvriers y circulaient avec des lampes à feu nu. Dans les chantiers avoisinants, aérés seulement par diffusion, le grisou se montrait à l'état de traces; il était défendu d'y pénétrer autrement qu'avec des lampes de sûreté. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier s'étant introduit avec une lampe à feu nu, contrairement au règlement, dans une amorce de remontée située en dehors de la voie d'air et provisoirement abandonnée, une petite explosion se produisit et le brûla mortellement. **Remarques particulières.** — Un ventilateur placé dans le courant d'air aérait, lorsqu'on y travaillait, la remontée où l'accident s'est produit. Cette remontée n'était fermée que par un petit mur de débris de 0m40 de hauteur, au lieu de l'être avec une croix en planches. Il n'y avait pas dans la mine un nombre suffisant de lampes de sûreté à la disposition des ouvriers.
Circonstances de l'accident. — Un niveau en percement dans la 8me couche venait de traverser un rejet; un ouvrier travaillant à l'avancement de ce niveau rentrait au chantier, après une absence d'un quart d'heure, lorsqu'en élevant sa lampe à feu nu pour examiner le front de taille, il détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement. **Remarques particulières.** — Le grisou ne s'était jamais montré dans cette partie de la mine. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — A la suite de cet accident, l'Ingénieur des travaux ordonna de munir de lampes de sûreté tous les ouvriers.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
348	1873 17 Mai.	Puits Stern. — 5e Couche.	»	1 Brûlé légèrement.	456	120.850	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui, malgré la défense avait passé sa lampe à feu nu entre les écoins du barrage qui défendait l'accès d'un chantier grisouteux. Négligence du sous-gouverneur qui, malgré les ordres reçus, avait laissé des ouvriers descendre dans la mine avec des lampes à feu nu.
349	1874 4 juillet	id. — 7e Couche.	1 Brûlé.	»	280	69.850	Cloche au toit d'un niveau en percement dans une partie brouillée de la couche, et à quelques mètres du courant d'air.	Lampe de sûreté détamisee.	Imprudence de la victime, qui avait ouvert sa lampe de sûreté.

23. — Concession

(Instituée par décret

						Tonnes			
350	1817 8 janvier	Puits Chateau.	»	9 Brûlés dont	108	13.812	Chantier en cul de sac.	Lampe à feu nu.	Imprudence d'un ouvrier qui était entré dans un

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Montieux (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Le chantier où l'accident précédent s'était produit, avait été barré par des écoins placés à quelques mètres du front de taille ; l'Ingénieur des travaux avait ordonné que des lampes de sûreté fussent remises le lendemain à tous les ouvriers. Malgré cet ordre le sous-gouverneur laissa descendre quelques ouvriers avec des lampes à feu nu ; l'un d'eux s'approcha du lieu de l'accident et, bien que le sous-gouverneur lui eût intimé l'ordre de s'éloigner, passa sa lampe entre les écoins du barrage ; une nouvelle explosion se produisit et brûla légèrement cet ouvrier.

Indications générales. — Le courant d'air était suffisant pour des travaux peu développés et sa marche ne laissait rien à désirer.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait à l'avancement d'une galerie de niveau dans une partie brouillée de la 7me couche récemment attaquée et où le grisou n'avait pas encore été observé. Le front de taille était à 6^{m} du courant d'air.

Voulant examiner une cloche produite au toit de la galerie dans la partie stérile, l'ouvrier ouvrit la lampe Muëseler qu'on lui avait remise fermée à clef et l'éleva dans la cloche ; une explosion de grisou se produisit et lui causa des brûlures dont il mourut quelques jours après bien qu'elles eussent paru peu graves.

du Sardou.

du 8 Août 1808).

Circonstances de l'accident. — Un lampiste, voulant garnir une lampe ordinaire, qui se trouvait à 2^{m} du front de taille et à 0^{m}50 du toit d'un large chantier en cul-de-sac où le gouverneur avait défendu d'aller, occasionna une explosion de grisou ; il se jeta immédiatement à terre et fut à peine atteint.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

N^os d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
				1 légèrement.		Tonnes			chantier malgré la défense.
351	1818 30 Septembre.	Puits Bourret	»	1 Brûlé.	?	?	?	Lampe à feu nu.	»
352	1820 18 Septembre.	id.	»	1 Brûlé légèrement.	190	36.849	?	Feu mis intentionnellement au grisou pour assainir la mine.	»
353	1823 18 Juillet	Puits du Martoret	2 Brûlés.	»	280	61.034	»	Lampe à feu nu.	»
354	1824 14 Mai.	Puits des Flaches.	»	2 Brûlés.	282	71.590	Cul-de-sac descendant dont le front de taille se trouvait dans une faille.	id.	»
355	id. 8 Juillet.	Puits Bourret.	1 Brûlé.	»	id.	id.	Chômage d'une nuit dans un chantier.	id.	»
356	id. 9 Juillet.	Puits des Flaches Maniquet.	»	1 Brûlé.	id.	id.	Interruption de travail dans un chantier.	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Sardou (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Huit ouvriers, qui se trouvaient dans le voisinage, jusqu'à une distance de 30 mètres dans le o rant d'air, furent brûlés plus grièvement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, élevant sa lampe à feu nu au toit de son chantier, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Ouvrier canonnier brûlé au moment où il allumait le grisou.
Circonstances de l'accident. — Le grisou s'étant enflammé sans cause connue dans une partie de la mine où l'on n'employait que des lampes à feu nu, deux ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans un chantier en cul-de-sac descendant, dont le front de taille se trouvait dans une faille ; une petite quantité de grisou s'enflamma sur leur lampe à feu nu ; tous deux furent brulés.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier se rendait à son travail ; à peine avait-il fait quelques pas dans son chantier, qu'une petite quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui fit des brûlures mortelles
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier rentrait dans son chantier, lorsqu'une petite quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe à feu nu ; il fut brûlé légèrement.

A. — MINES DE HOUILLE

— BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

23. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
357	1824 26 Août.	Puits des Flaches Maniquet.	2 Brûlés	»	282	71.590	»	Lampe à feu nu. Feu mis intentionnellement au grisou pour assainir la mine.	»
358	1825 5 Mai.	Puits Ste-Barbe.	»	2 Brûlés légèrement.	341	76.500	»	Lampe à feu nu.	»
359	id. 27 Décembre.	Puits Bourret.	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	Interruption de travail dans un chantier.	id.	»
360	1826 1er Avril	Puits du Martoret	»	2 Brûlés.	226	74.080	»	id.	»
361	1833 6 Mai.	Puits des Flaches.	»	1 Brûlé.	152	50.325	»	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime, qui avait détamisé sa lampe Davy.
362	1835 9 Septembre.	Puits St-Martin. — Couche bâtarde.	1 Brûlé.	»	86	42.618	Chômage pendant la durée d'un repas.	Lampe à feu nu.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Sardou (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers canonniers furent brûlés mortellement en allumant le grisou avec une lampe à feu nu, sans prendre les précautions ordinaires.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés dans une petite galerie au rocher qui avait été longtemps noyée et dont on épuisait les eaux; une petite quantité de grisou s'enflamma sur leur lampe à feu et les brûla tous deux légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier se rendait à son travail; au moment où il entrait dans son chantier, une petite quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui causa des brûlures légères.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étaient occupés dans un chantier; l'un d'eux, voulant en examiner le toit, éleva sa lampe à feu nu et détermina une inflammation de grisou qui le brûla ainsi que son camarade.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans un chantier où le grisou existait en petite quantité, il dévissa sa lampe Davy et occasionna une petite explosion.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier s'était absenté de son chantier pour aller prendre son repas; lorsqu'il revint, une certaine quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui fit des brûlures mortelles.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

23. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz 8	Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
363	1835 13 Septembre.	Puits Saint-Martin. — Couche bâtarde.	1 Brûlé.	»	86	42.648	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétra avec une lampe à feu nu; dans un chantier où le grisou avait été reconnu.
364	1837 21 Avril.	Puits des Flaches.	1 Brûlé.	»	156	61.272	»	Lampe de sûreté ouverte.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe de sûreté, ouverte dans un chantier barré.
365	id. 18 Décembre.	Puits Maniquet. — Couche bâtarde.	6	4	id.	id.	Chantier aéré par diffusion.	Flamme d'un coup de mine.	»
366	id. 11 mai	Puits des Flaches.	»	1 Brûlé légèrement.	250	82.625	»	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime qui avait ouvert sa lampe de sûreté.
367	1838 18 Septembre.	Puits Maniquet. — Couche. Bâtarde.	6 dont 4 brûlés 1 asphyxié 1 projeté.	4 Brûlés.	id.	id.	»	Flamme d'un coup de mine ou canettes ayant servi à y mettre le feu.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE

a. — Département de la Loire.

de Sardou (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu, pénétrant dans un chantier où le grisou avait été reconnu, détermina une explosion ; il fut brûlé mortellement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier étant entré dans un chantier barré avec sa lampe de sûreté ouverte, une explosion se produisit et le brûla mortellement.
Circonstances de l'accident. — A la suite du départ d'un coup de mine, une explosion de grisou se produisit. Dix ouvriers furent brûlés, dont six mortellement et les quatre autres plus ou moins grièvement. **Remarques particulières.** — Le chantier, où a eu lieu l'accident, n'était aéré que par diffusion.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier ayant ouvert sa lampe Davy, occasionna une petite explosion qui le brûla légèrement.
Indications générales. — L'aérage était naturel ; il se faisait par deux puits à peu près de niveau et était peu actif. On travaillait avec des lampes de sûreté fermées à cadenas. **Circonstances de l'accident.** — Un coup de mine avait été préparé à l'avancement d'un niveau en cul-de-sac, aéré par un ventilateur ; il fut tiré pendant la marche de ce dernier. Son départ fut accompagné d'une forte explosion de grisou, qui brûla huit ouvriers dont quatre mortellement ; deux autres ouvriers périrent également, l'un asphyxié, l'autre contusionné. Onze chevaux furent aussi tués, le plus grand nombre par asphyxie. **Remarques particulières.** — L'explosion s'est étendue à une assez grande distance. L'aérage, renversé par l'accident, fut assez longtemps à se rétablir. On n'a pu savoir si c'était le coup de mine lui-même où les canettes ayant servi à l'allumer, qui avaient mis le feu au grisou. Toutes les lampes ont été retrouvées en bon état.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
368	1845 3 Juin	Puits du logis. — Grande. Couche.	1 Brûlé.	»	455	168.570	Cloche produite par un éboulement au toit d'un chantier	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait élevé sa lampe à feu nu dans une cloche produite par un éboulement.
369	1847 23 Octobre.	Id. — Id.	»	1 Brûlé.	484	208.010	Chantier aéré par diffusion.	Id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré dans son chantier avec une lampe à feu nu, avant la visite du gouverneur.
370	1850 17 Juin.	Puits St-Martin. —	1 Brûlé	2 Brûlés dont 1 grièvement.	482	163.565	Chantier en cul de sac aéré seulement par diffusion	Id.	Négligence de la direction qui, contrairement aux prescriptions d'un arrêté préfectoral, laissait des ouvriers travailler à feu nu dans un chantier en cul de sac, aéré seulement par diffusion.
371	1857 24 Juin.	Puits du Château.	»	2 Brûlés légèrement.	305	106.517	Chantier en remonte, aéré par une colonne de tuyaux.	Id.	Imprudence de l'une des victimes, qui était entrée dans son chantier avec une lampe à feu nu malgré la défense.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Sardou (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en élevant sa lampe à feu nu dans une cloche produite par un éboulement au toit de son chantier, détermina une inflammation de grisou qui le brûla mortellement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier était entré dans son chantier, aéré seulement par diffusion, avant que le gouverneur l'eut visité, une petite quantité de gaz s'enflamma sur sa lampe ordinaire et lui fit des brûlures.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans un chantier qui venait de percer dans une ancienne galerie. Un éboulement s'étant produit à la jonction, l'un des ouvriers éleva au toit sa lampe à feu nu pour montrer l'éboulement au gouverneur ; une petite explosion de grisou se produisit. Les trois personnes furent brûlées, le gouverneur mortellement. **Remarques particulières.** — Les jours précédents, aucune trace de grisou n'avait été constatée ; le gaz a dû se dégager de l'ancienne galerie. Après l'accident, le grisou se montrait encore au toit du chantier sur une longueur de 8 mètres. Un arrêté préfectoral prescrivait l'emploi des lampes de sûreté dans tous les chantiers en cul-de-sac, aérés par simple diffusion.
Circonstances de l'accident. — Le grisou s'étant montré dans un chantier en remonte, on avait aéré ce chantier au moyen d'une colonne de tuyaux et le piqueur qui y travaillait avait été muni d'une lampe de sûreté. Cet ouvrier revenant de chercher des étais avec un boiseur, rentra dans son chantier avec la lampe à feu nu de ce dernier. Une explosion s'ensuivit et les deux ouvriers furent légèrement brûlés.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

23. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'acci-dent. 2	LIEU de l'acci-dent. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
372	1857 20 Août.	Puits du Logis. — Grande couche.	»	2 Brûlés légèrement.	305	106.517	»	Lampe à feu nu.	»
373	1865 15 Février.	id. — Couche bâtarde.	»	1 Brûlé légèrement.	337	97.940	Chômage de 1/2 heure au front de taille d'un chantier ouvert dans un accident de la couche.	id.	»
374	1866 13 Octobre.	id. — id.	»	1 Brûlé légèrement.	330	92.323	Chantier en cul-de-sac, abandonné, et envahi par l'eau sur une hauteur de 1m à 1m30	id.	Imprévoyance du sous-gouverneur, qui avait envoyé un ouvrier dans un chantier abandonné et envahi par les eaux, sans le munir d'une lampe de sûreté.
375	1867 24 Février.	id. — id.	»	1 Brûlé légèrement.	298	78.635	Chômage de 10 heures dans une galerie située à 7m du courant d'air.	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Sardou (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans un chantier où la présence du grisou n'avait jamais été constatée ; une petite explosion se produisit ; tous deux furent brûlés légèrement.
Indications générales. — La couche bâtarde du puits du Logis dégageait très peu de grisou. Le travail ordinaire se faisait avec des lampes à feu nu, après visite préalable des chantiers par le gouverneur. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier travaillait dans un chantier de la Couche Bâtarde, aéré seulement par diffusion, en un point cette la couche se relevait et où le charbon fissuré en tous sens devenait friable. Ce piqueur rentrait au chantier après une absence d'une demi-heure, lorsqu'une petite quantité de grisou accumulée au toit s'enflamma sur sa lampe à feu nu et lui fit quelques brûlures peu graves. **Remarques particulières.** — Le jour de l'accident, le gouverneur avait fait la visite du chantier et n'y avait pas constaté la présence du grisou.
Indications générales. — Le grisou ne se montrait que par exception dans la Couche Bâtarde. **Circonstances de l'accident.** — Les travaux inférieurs de la couche se remplissaient d'eau. Un sous-gouverneur ayant envoyé un ouvrier chercher un outil dans un chantier de dépilage, en cul-de-sac, longeant les remblais, abandonné et envahi par l'eau sur une hauteur de 1^m à 1^m30, cet ouvrier détermina, avec sa lampe à feu nu, une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement.
Indications générales. — Le travail ordinaire se faisait avec des lampes à feu nu, après une visite faite par le gouverneur avant l'arrivée des ouvriers.. **Circonstances de l'accident.** — Un ouvrier travaillait dans une galerie de la Couche Bâtarde située à 7^m du courant d'air. En approchant sa lampe à feu nu du front de taille, il détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement. **Remarques particulières.** — Une heure avant l'accident, le gouverneur avait visité le chantier sans reconnaître la présence du grisou, qui ne se rencontrait qu'exceptionnellement dans cette partie de la mine.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

23. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
376	1869 4 Novembre.	Puits Ste-Barbe.	»	1 Brûlé légèrement.	325	67.525	Excavation de 1m30 de hauteur produite par un éboulement au toit d'une galerie.	Lampe de sûreté détamisée.	Imprudence de la victime, qui n'avait introduit dans une excavation du toit, sa lampe de sûreté détamisée.

24. — Concessions de

(Instituées par décret des

						Tonnes			
377	1821 11 Septembre.	Puits Teillard.	»	1 Brûlé.	15	7000	»	Lampe à feu nu.	»
378	1831 7 Mars.	Puits Champlon.	1 Brûlé.	»	30	8523	»	?	»
379	1838 16 Juin.	Puits du Couchant. — Couche Batarde.	»	1 Brûlé grièvement.	125	44.943	Chantier abandonné.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui n'avait pénétré avec une lampe à feu nu, dans un chantier abandonné.
380	1840 8 Février	Puits Vellerut. — Grande Couche.	»	1 Brûlé.	297	113262	»	[illegible]	Cause fortuite.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire

de Sardou (suite).

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier était occupé à boiser une excavation de 1m30 de hauteur, qu'un éboulement avait produit au toit d'une galerie du puits Ste-Barbe, en un point où cette galerie, d'abord horizontale, se relevait notablement. En pénétrant dans cette excavation avec une lampe de sûreté détamisée, cet ouvrier détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement.

Remarques particulières. — Trois heures avant l'accident, le sous-gouverneur avait visité l'excavation et n'y avait pas trouvé trace de gaz.

Le courant d'air passait dans la galerie; il arrivait par la partie inclinée et était suffisant.

Collenon et La Cappe.

17 novembre 1824 et 1825).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier se rendait à son travail. En pénétrant dans son chantier, il mit le feu, avec sa lampe à feu nu, à une petite quantité de grisou qui s'y était accumulée pendant la nuit et reçut des brûlures.

Circonstances de l'accident. — Pas de détails.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier pénétrant avec sa lampe à feu nu dans un chantier abandonné, occasionna une petite explosion de grisou qui le brûla grièvement.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, pénétrant avec sa lampe à feu nu dans un chantier où le grisou n'avait jamais été constaté, détermina l'inflammation d'une petite quantité de gaz.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

24. — Concessions de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
381	1840 2 Novembre.	Puits Vellerut. — Grande Couches	32 dont quelques uns asphyxiés.	»	297	113.262	? Ralentissement général de l'aérage, par suite d'un temps lourd et orageux. Arrêt du ventilateur aérant un chantier en remonte pendant le repas des ouvriers.	Lampe de sûreté dont le treillis avait un trou de 2 à 3 millimètres.	Double imprudence dans l'abandon d'une lampe allumée dans un chantier inoccupé, et dans l'arrêt du ventilateur aérant ce chantier
382	1845 7 Novembre.	Puits Neuf. — Couche Bâtarde.	»	1 Brûlé.	220	87.220	?	? Lampe de sûreté en mauvais état.	?
383	1847 27 août.	Puits Frère Jean. —	»	1 Brûlé.	246	102.870	?	Lampe à feu nu.	Négligence du gouverneur qui n'avait pas visité

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Collenoir et La Cappe.

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — L'aérage était naturel. L'air entrait par le puits St-Étienne et sortait par le puits de l'Ile d'Elbe profond de 420m. Le courant était peu actif et insuffisamment dirigé. Les chantiers en cul-de-sac étaient aérés par des ventilateurs à bras et par des gaines. L'aérage devait être prochainement amélioré par l'achèvement du fonçage du puits Frère-Jean, dont l'ouverture au jour était à 85m au-dessus de l'orifice du puits de l'Ile d'Elbe. **Circonstances de l'accident.** — Des ouvriers travaillaient dans un chantier en remonte donnant contre un accident. Ils s'absentèrent pour aller prendre leur repas laissant une lampe Davy allumée, suspendue dans le chantier. A ce moment, le ventilateur qui aérait la remontée cessa de fonctionner., Au bout de quelque temps une explosion se produisit. Trente-deux ouvriers périrent, la plupart fortement brûlés, quelques-uns asphyxiés. onze chevaux furent tués. — Une épaisse colonne de fumée sortit aussitôt par le puits de l'Ile-d'Elbe. L'explosion fut très violente ; elle envahit tous les travaux et fut ressentie au jour. Elle avait fait sauter toutes les portes d'aérage, et notamment celle qui fermait la partie inférieure de la gaîne du puits St-Étienne ; l'air avait passé dès lors de la gaîne dans le puits même et toute la mine s'était trouvée privée de ventilation, ce qui a beaucoup retardé le sauvetage. 30 des victimes furent retrouvées mortes dans la mine, les deux autres moururent des suites de leurs brûlures. **Remarques particulières.** — Une lampe de sûreté a été retrouvée attachée au boisage du front d'avancement du chantier en cul-de-sac ; le treillis de cette lampe présentait un trou rond de deux à trois millimètres d'ouverture, paraissant déterminé par un clou ; la partie supérieure était oxydée ainsi que le chapeau de cuivre. Des poussières de coke étaient déposées sur les bois, dans la remontée et au voisinage ; les poussières de charbon ont dû jouer un rôle important dans cet accident. Un temps lourd et orageux régnait au dehors au moment de l'accident. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — L'administration a provoqué dans le bassin de la Loire, l'amélioration de l'aérage par l'imposition d'un parcours rationnel au courant d'air à l'aide de portes et de cloisons étanches, et la généralisation de l'emploi des lampes de sûreté à toutes les mines ou chantiers où pouvaient se produire des dégagements de grisou.
Circonstances de l'accident. — Explosion probablement occasionnée par une lampe de sûreté en mauvais état ?
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, arrivant à son travail avec une lampe à feu, dans un un chantier en cul-de-sac aéré seulement par diffusion, occasionna une petite explosion de grisou.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

24. — Concessions de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
		Grande Couche.					»		le chantier avant l'arrivée de la victime.

25. — Concession

(Instituée par décret

						Tonnes			
384	1822 22 janvier.	Puits Neuf.	»	1 Brûlé.	10	3.045	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu, dans un chantier dont l'entrée était interdite.
385	1859 23 janvier.	Puits Sainte-Marie.	»	1 Brûlé grièvement.	71	18.483	Chômage dans une traverse en percement.	Id.	Imprudence de la victime, qui s'était engagée avec une lampe à feu nu, dans une traverse en percement, où l'on ne travaillait pas.
386	Id. 17 février.	Id.	»	2 Brûlés légèrement	Id.	Id.	Remontée en percement, de 8m de longueur.	Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis par un fort courant d'air.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Collenoir et La Cappe.

OBSERVATIONS.

11

Remarques particulières. — Le jour de l'accident, le gouverneur n'avait pas visité le chantier avant l'arrivée de l'ouvrier.

de Tartaras.

du 27 juillet 1809).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier dont l'entrée était défendue, détermina l'inflammation d'une petite quantité de grisou et reçut des brûlures.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier du poste de nuit travaillait à feu nu au boisage d'une galerie bien aérée; voulant aller chercher un outil dans l'un des chantiers du poste de jour, il s'engagea avec sa lampe dans une traverse en percement et détermina une explosion de gaz qui le brûla fortement.

Circonstances de l'accident. — Le grisou se montrait en grande quantité dans une remontée en percement, de 8m de longueur; on avait établi une porte d'aérage dans le courant d'air, et l'on posait dans la remontée, des caisses qui devaient y amener de l'air. Deux ouvriers venaient d'y placer une caisse de 3m de longueur; l'air arrivait avec force au front de taille; le courant inverse fit sortir hors du treillis la flamme d'une lampe de sûreté placée au fond du chantier; une explosion de grisou se produisit et causa aux deux ouvriers des brûlures sans gravité.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

25. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers		OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT		
							Causes directes		Causes indirectes. 10
			Tués. 4	Blessés. 5			de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	
						Tonnes			
387	1859 16 mai.	Puits Ste-Marie.	»	1 Brûlé légèrement.	17	18 483	Chômage de 24 heures dans une remontée.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'emploi de la lampe de sûreté était seul permis.
388	id. 23 juin.	Id.	»	1 Brûlé légèrement.	Id.	Id.	Chantier provisoirement abandonné.	Id.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné.
389	1863 26 février.	Id.	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	Chômage de 6 heures dans un chantier en remonte, de 4^m de longueur.	Id.	Négligence du chef de poste, qui n'avait pas fait la visite du chantier avant la reprise du travail.
390	1878 26 Novembre.	Id.	»	2 Brûlés légèrement.	31	3 388	Galerie aérée par diffusion, abandonnée depuis trois semaines, et dans laquelle un éboulement s'était produit.	Id.	Imprudence du sous-gouverneur, l'une des victimes, qui était entré avec une lampe à feu nu dans une galerie où la présence du grisou était à craindre.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Tartaras.

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers, un piqueur et un rouleur, étaient employés au percement d'une remontée. Après un jour de chômage, le rouleur arrivant au chantier avant le piqueur, pénétra dans la remontée avec sa lampe à feu nu et s'assit à 4m de l'entrée. Sa lampe occasionna une petite explosion qui le brûla légèrement. **Remarques particulières.** — Une lampe de sûreté avait été placée au front de taille par le gouverneur; elle n'indiquait que peu ou pas de gaz, elle ne fut pas éteinte par l'explosion
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, pénétrant avec sa lampe à feu nu dans un chantier abandonné provisoirement, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier devait remblayer un chantier en remonte, de 4m de profondeur, dans une partie des travaux du puits Ste-Marie où le grisou se montrait quelquefois. En arrivant au chantier, abandonné depuis six heures, il détermina, avec sa lampe à feu nu, une petite explosion de grisou qui lui causa des brûlures légères. **Remarques particulières.** — Le chef de poste n'avait pas visité le chantier avant l'arrivée de l'ouvrier.
Indications générales. — Le courant d'air était suffisant, mais sa distribution était défectueuse; l'air entrait par le puits Ste-Marie, suivait le niveau de 60m et sortait par une fendue; les deux niveaux inférieurs, de 74 et de 82m, n'étaient aérés que par diffusion. **Circonstances de l'accident.** — Un sous-gouverneur, visitant, au niveau de 74m, une galerie grisouteuse abandonnée depuis trois semaines, constata un petit éboulement au toit de cette galerie, mais n'y trouva pas de grisou. Cinq heures après, il revint avec un boiseur en s'éclairant avec une lampe à feu nu. Il éleva sa lampe et détermina une explosion qui le brûla légèrement ainsi que l'ouvrier. **Remarques particulières.** — Le sous-gouverneur, bien qu'il n'ait pas constaté la présence du grisou dans sa première visite, n'aurait pas dû se servir d'une lampe à feu nu dans une galerie abandonnée depuis trois semaines et dans laquelle il avait constaté un éboulement; cette galerie ayant déjà dégagé du grisou et étant mal aérée.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

25. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
391	1879 3 Février.	Puits Saint-Georges.	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	Suspension de travail d'un quart d'heure dans une galerie de direction en percement, où le grisou n'avait pas encore été constaté.	Lampe à feu nu.	»

26. — Concession de

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
392	1817 Octobre.	Puits Pique-Pierre.	»	2 Brûlés.	118	2505	Galerie en percement mise en communication avec de vieux travaux contenant du grisou.	Lampe à feu nu.	»
393	1818 8 Février.	?	»	1 Brûlé.	?	?	Galerie en cul-de-sac ayant percé dans de vieux travaux contenant du grisou.	id.	»
394	id. Octobre.	?	»	1 Brûlé.	?	?	»	id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier défendu.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Tartaras.

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un travers-bancs partant du puits St-Georges à la profondeur de 55m, avait rencontré la couche à 24m de ce puits et une galerie percée en direction avait atteint une longueur de 10m. Le grisou ne s'était jamais montré dans cette partie de la mine; on y travaillait à feu nu. Un ouvrier, rentrant au chantier après une absence d'un quart d'heure, détermina dans la galerie une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement.

Combes et Egarandes.

du 8 août 1829).

Circonstances de l'accident. — Une galerie en percement, où deux ouvriers travaillaient à feu nu, ayant rencontré de vieux travaux contenant du grisou, une explosion eut lieu; les deux ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait à feu nu dans un chantier en cul-de-sac, qui vint à percer dans de vieux travaux. Le grisou accumulé dans ces derniers arrivant dans son chantier, s'y enflamma sur sa lampe et lui fit des brûlures.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, entrant avec une lampe à feu nu dans un chantier dont l'entrée était interdite, mit le feu au grisou qui était accumulé et reçut des brûlures.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

26. — Concessions de

Nos d'ordre 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
395	1820 9 Mai.	Puits Moyse	»	4 Brûlés.	id.	id.	Dégagement subit de grisou au moment d'un éboulement.	Lampe à feu nu.	»
396	id. 17 Juin.	id.	»	2 Brûlés.	169	20.367	»	id.	»
397	id. 14 Juillet.	id.	2 Brûlés.	»	id.	id.	»	Feu mis intentionnellement au grisou pour assainir la mine.	»
398	id. 14 Juillet.	Puits Thévenet.	»	5 Brûlés.	»	»	Chantier ayant percé dans de vieux travaux contenant du grisou.	Lampe à feu nu.	»
399	id. 15 Juillet.	Id.	»	2 Brûlés.	id.	id.	»	id.	Imprudence des victimes qui étaient rentrées avec une lampe à feu nu, dans un chantier où, la veille, une explosion avait eu lieu.
400	id. 24 Novembre.	Puits Moyse.	2 Ensevelis sous un éboulement	»	id.	id.	»	id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Combes et Egarandes.

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Quatre ouvriers travaillaient dans un chantier, lorsqu'un éboulement assez considérable se produisit ; il fut accompagné d'un dégagement de grisou. Le gaz s'enflamma sur une lampe à feu nu ; les quatre ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans une galerie en cul-de-sac ; l'un d'eux éleva au toit sa lampe à feu nu ; une explosion de grisou se produisit ; les deux ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers canonniers furent mortellement brûlés, au moment où ils allumaient le grisou.
Circonstances de l'accident. — Cinq ouvriers travaillaient dans un chantier qui vint à percer dans de vieux travaux. Un dégagement subit de grisou eut lieu. Le gaz s'enflamma sur une lampe à feu nu et détermina des brûlures plus ou moins graves aux cinq mineurs.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers étant rentrés avec une lampe à feu nu dans le chantier, où, la veille, avait eu lieu l'accident précédent, une nouvelle explosion se produisit et les brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Une explosion de grisou, dont les causes sont restées inconnues, se produisit dans un chantier du Puits Moyse et occasionna un éboulement qui ensevelit deux ouvriers occupés dans ce chantier.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Combes et Egarandes.

OBSERVATIONS.
11
Remarques particulières. — On n'employait que des lampes à feu nu dans la partie de la mine où l'accident s'est produit.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu se rendait à son travail ; à peine avait-il fait quelques pas dans son chantier qu'une petite explosion se produisit et lui fit des brûlures sans gravité.
Indications générales. — On n'employait que des lampes à feu nu dans les travaux du Puits Moyse. **Circonstances de l'accident** — Une explosion de grisou, dont les causes sont restées inconnues, se produisit et brûla quatre ouvriers.
Circonstances de l'accident. — Un chantier, dans lequel travaillaient deux ouvriers, ayant percé dans de vieux travaux, un dégagement subit de grisou eut lieu. Le gaz s'enflamma sur une lampe à feu nu ; les deux ouvriers furent grièvement brûlés.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier canonnier fut mortellement brûlé au moment où il allumait le grisou.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers canonniers furent mortellement brûlés en allumant le grisou.

A. — MINES DE HOUILLE.

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE.

26. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
406	1822 2 Mai.	Puits Moyse.	»	1 Brûlé grièvement.	194	53.280	Interception du courant d'air dans une galerie par suite d'un éboulement.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu, dans un chantier où un éboulement avait intercepté le courant d'air.
407	Id. 3 Mai.	id.	»	6 Brûlés grièvement.	id.	id.	»	Incendie	»
408	Id. 20 Août.	Puits St-Maximin.	1 Brûlé.	»	id.	id.	»	Lampe à feu nu.	»
409	Id. Octobre.	Puits Moyse.	»	1 Brûlé grièvement.	id.	id.	»	id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier défendu.
410	1823 12 Août.	id.	»	3 Brûlés assez grièvement.	200	53.030	»	id.	»

ACCIDENTS DE GRISOU.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Combes et Egarandes.

OBSERVATIONS 11
Circonstances de l'accident — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, visitait une galerie dans laquelle un éboulement s'était produit et avait arrêté le courant d'air ; une explosion eut lieu et le brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Une explosion produite par un incendie, dans des travaux où l'on employait des lampes à feu nu, brûla 6 ouvriers, à une assez grande distance de l'origine de l'explosion.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, au moment où il pénétrait dans son chantier avec sa lampe ordinaire, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla mortellement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier dont l'entrée était interdite, mit le feu à une petite quantité de grisou ; il fut brûlé grièvement.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers s'étaient absentés pendant quelques instants de leur chantier ; lorsqu'ils revinrent, une petite quantité de grisou s'enflamma sur leur lampe à feu nu et les brûla grièvement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

26 — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
411	1823 8 Octobre.	Puits Moyse.	10 Brûlés	»	200	53.030	»	Lampe à feu nu.	? Imprudence d'un ouvrier entré avec une lampe à feu nu dans un chantier défendu.
412	1824 6 Août.	Puits St-Maximin.	1 Brûlé.	»	186	39.205	Interception du courant d'air dans un chantier, par suite d'un éboulement.	Id.	Imprudence de la victime qui était entrée avec une lampe à feu nu dans un chantier où un éboulement avait intercepté le courant d'air.
413	1826 2 Mars	Puits Moyse.	9 Brûlés.	2 Brûlés grièvement.	145	14.950	Dégagement de grisou ayant accompagné un éboulement.	Id.	»
414	1836 1er Mars.	Puits Pique Pierre. — Couche Batarde.	»	1 Brûlé grièvement.	230	78.178	»	Lampe de sûreté ayant rougi et dont la chaleur fit dessouder et tomber la partie inférieure.	Imprudence de la victime qui avait laissé rougir sa lampe sans s'en inquiéter.
415	1855 16 Mars.	Puits du Cimetière. —	»	2 Brûlés légèrement.	114	35.210	»	Inflammation de cannettes placées sur une lampe de sûreté.	Imprudence de l'une des victimes qui avait placé des cannettes sur une lampe de sû-

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a — Département de la Loire.

Combes et Egarandes (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — On n'employait que des lampes à feu nu dans les travaux du puits Moyse. **Circonstances de l'accident.** — Une explosion, dont les causes sont restées inconnues, s'est produite dans les travaux du puits Moyse et a fait dix victimes. On a supposé qu'un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, avait pénétré dans un chantier dont l'entrée était interdite.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, visitant avec une lampe à feu nu un chantier dans lequel un éboulement s'était produit et avait intercepté le courant d'air, détermina l'inflammation d'une petite quantité de grisou et fut brûlé mortellement.
Circonstances de l'accident. — Un éboulement s'était produit, accompagné d'un dégagement de grisou considérable ; le gaz s'enflamma sur des lampes à feu nu et brûla 11 ouvriers, dont 9 mortellement. **Remarques particulières.** — Un incendie s'est déclaré dans la mine à la suite de l'explosion ; le puits a dû être fermé
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans un chantier grisouteux ; il laissa rougir sa lampe sans y voir de danger. La chaleur dessouda et sépara le corps en plomb du cercle en cuivre qui servait à fermer la lampe ; la partie inférieure de la lampe tomba et détermina une explosion de grisou qui brûla grièvement l'ouvrier.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers, arrivant dans un chantier de la mine Bourrue, où se montrait une petite quantité de grisou, chassèrent ce gaz en agitant une chemise, puis se mirent au travail. L'un d'eux, craignant que deux ou trois cannettes qui devaient lui servir à allumer un coup de mine, ne fussent humides, les plaça sur sa lampe qu'il accrocha au faîte de la galerie. Les cannettes prirent feu et déterminèrent l'explosion d'une petite quantité de gaz qui se trouvait au toit. Les deux ouvriers furent légèrement brûlés.

[redacted]

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

26. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
		Mine Bourrue.				Tonnes			reté pour les faire sécher.
416	1856 24 Mai.	Puits du Cimetière.	»	1 Brûlé légèrement.	126	34.370	»	Lampe de sûreté dont le tamis avait été percé par la chute d'un bloc.	»
417	1858 26 Septembre.	Puits du Cimetière. — Couche Bâtarde.	»	1 Brûlé légèrement.	110	31.070	»	Lampe de sûreté inclinée pour permettre d'y allumer une mèche soufrée.	Imprudence de la victime, qui avait négligé de s'assurer de l'absence du grisou dans son chantier avant d'y allumer un coup de mine.
418	1860 19 Octobre.	Puits Moyse.	»	1 Brûlé légèrement.	135	39.610	»	Lampe de sûreté en mauvais état.	Négligence dans l'entretien et la fermeture des lampes de sûreté.
419	1861 11 Février.	Puits Moyse. — Couche Bâtarde.	4 dont 2 brulés,	»	145	35.275	Niveau en cul-de-sac, aéré par diffusion sur 25m de longueur.	?	?

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Combes et Égarandes (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Indications générales. — L'aérage était bon. **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient dans un chantier du puits du Cimetière qui était aéré par des tuyaux en tôle arrivant à un mètre du front de taille. L'un d'eux avait mis sa lampe Davy contre ce front. Un morceau du faux toit étant tombé sur la lampe. celle-ci fut écrasée mais non éteinte, le tamis fut percé en deux endroits. Une explosion s'ensuivit et brûla légèrement l'ouvrier. Son camarade, qui posait une butte à un mètre, en arrière ne fut pas atteint.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, après avoir préparé un coup de mine, voulut y mettre le feu. Il inclina fortement sa lampe de sûreté de façon à y allumer la mèche soufrée, une explosion se produisit immédiatement et causa à l'ouvrier des brûlures sans gravité. **Remarques particulières.** — L'ouvrier atteint remplissait les fonctions de chef de poste; il s'était assuré de l'absence du grisou dans son chantier, avant de préparer son coup de mine, mais avait négligé de renouveler sa visite au moment d'y mettre le feu.
Circonstances de l'accident. — Le travers bancs du puits Moyse avait rencontré la couche Bourrue; le grisou s'y montrait depuis quelques jours, mais en faible quantité. Un ouvrier arrivant au chantier et voulant en reconnaître l'état, éleva sa lampe Dubrulle au toit de la galerie. Il constata la présence du grisou et au moment où voyant sa lampe rougir il l'abaissait, une légère explosion de grisou se produisit et le brûla légèrement. **Remarques particulières.** — Le treillis de la lampe de la victime était en mauvais état, quelques mailles étaient agrandies. La fermeture des lampes employées laissait à désirer; le treillis n'était pas assez fortement pressé sur la boîte de la lampe et quand celles-ci n'étaient pas fermées avec soin, l'espace libre pouvait être assez grand pour laisser passer la flamme.
Indications générales. — L'aérage laissait à désirer. L'air entrait par le puits de la Chaux, suivait le travers-bancs du niveau supérieur, descendait au niveau inférieur par une descenderie, se divisait en deux branches dans ce dernier niveau, remontait par les deux faux-puits au niveau supérieur et se dirigeait ensuite vers le puits du Cimetière.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

26. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
			1 asphyxié, et 1 contusionné.						

27. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
420	1842 9 Mars.	Puits St-Lazare. — Couche. Bâtarde.	»	1 Brûlé grièvement.	92	47.465	Chantier provisoirement abandonné.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné.
421	Id. 7 Octobre.	Puits du Pré.	»	1 Brûlé grièvement.	id.	id	?	id.	Imprudence de la victime.
422	1844 15 Mars.	Puits du Pré. — id.	»	Brûlé légèrement.	82	20.710	Petite cloche produite au toit d'une galerie par un éboulement.	id.	Imprudence la la victime, qui avait élevé sa lampe à feu nu dans une cloche au toit d'une galerie.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Combes et Egarandes (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Les deux extrémités du niveau inférieur n'étaient aérées que par diffusion, celle dans laquelle l'explosion s'est produite, avait plus de 35^m de longueur. **Circonstances de l'accident.** — Trois ouvriers travaillaient dans le niveau inférieur de la couche Bâtarde, qui ne communiquait avec le niveau supérieur que par deux faux-puits et une descenderie intermédiaire percée dans la couche. Deux d'entre eux se trouvaient près de l'une des extrémités du niveau, dans une galerie montante de 3^m de longueur. Une explosion de grisou, dont les circonstances sont restées inconnues, s'étant produite dans leur chantier, ils furent brûlés mortellement; le troisième ouvrier fut asphyxié à l'autre extrémité du niveau; enfin un quatrième ouvrier, qui était venu chercher un outil dans le travers-banc du niveau supérieur, fut tué par un écoin projeté par l'explosion. Cette dernière victime put être retirée immédiatement, mais le mauvais air ne permit d'arriver auprès des trois autres que deux heures après l'explosion. **Remarques particulières.** — L'accident se manifesta au dehors par une colonne de fumée et de poussières sortant par les puits Moyse et du Cimetière.

de Couzon.

du 17 août 1825).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier abandonné, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Pas de détails.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en élevant sa lampe à feu nu au toit d'une galerie pour examiner une poche produite par un éboulement, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

27. — Concession

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
						Tonnes			
423	1845 13 Mars.	Puits St-Lazare. — id.	»	1 Brûlé grièvement.	85	16.960	Petite excavation produite par un éboulement au toit d'un chantier.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait élevé sa lampe à feu nu dans une excavation au toit de son chantier.
424	1871 25 Mars.	id. — Couche Bâtarde. inférieure.	»	1 Brulé grièvement.	101	15.607	Niveau en percement dans une partie rejetée de la couche et à 25m du courant d'air.	id.	»

28. — Concession de

(Instituée par décret

425	1855 27 Octobre.	Puits Descours	»	2 Brûlés légèrement.	109	21.325	Chantier en remonte aéré par un ventilateur à bras. Mise en marche du ventilateur pendant un temps trop court pour que le grisou fut complètement chassé du chantier.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, avant de travailler à feu nu, n'avait fait qu'incomplètement la visite du chantier avec une lampe de sûreté.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Couzon (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, ayant élevé sa lampe à feu nu dans une petite excavation produite par un éboulement au toit de son chantier, détermina l'inflammation du grisou qui s'y trouvait accumulé et fut brûlé grièvement.
Circonstances de l'accident. — Un niveau de 1^m de hauteur était poussé dans la couche Bâtarde inférieure. Pour donner une longueur suffisante au front de taille, on avait amorcé, près de l'extrémité du niveau et dans un rejet de la couche, une petite galerie parallèle, ne communiquant avec la première que par un passage de 0^{m}55 de hauteur. Un ouvrier, en pénétrant à plat ventre dans ce passage, sa lampe à feu nu en avant, détermina une inflammation de grisou qui le brûla fortement. **Remarques particulières.** — La galerie amorcée se trouvait à 25^m du courant d'air. L'inflammation ne s'est pas propagée dans la galerie principale. Le grisou n'avait pas encore apparu dans la région. **Mesures prises à la suite de l'accident.** — A la suite de l'accident, le gouverneur reçut l'ordre de visiter les chantiers en cul-de-sac avec une lampe de sûreté, avant l'arrivée des ouvriers.

Saint-Jean de Bonnefond.

du 28 Mai 1841).

Indications générales. — La deuxième couche du puits Descours dégageait un peu de grisou. Les ouvriers, en arrivant à leur travail, tournaient pendant quelques instants les ventilateurs à bras destinés à aérer leurs chantiers. Cette manœuvre suffisait pour chasser le grisou et permettre de travailler à feu nu, après une visite préalable du chantier faite à la lampe de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers, en arrivant à leur chantier, mirent en marche leur ventilateur; quelques instants après, l'un d'eux s'avança avec sa lampe de sûreté, pour examiner si le grisou avait été complètement entraîné. La visite faite, il revint vers son camarade, lui annonçant qu'ils pouvaient commencer leur travail. A peine étaient-ils dans le chantier, munis de lampes ordinaires, qu'une faible explosion se produisit et les brûla légèrement.

Remarques particulières. — La visite avait été mal faite; l'ouvrier était bien allé jusqu'au front de taille, mais n'avait examiné que la partie inférieure du chantier, qui avait une assez forte inclinaison. Son camarade, en allant au sommet du chantier avec sa lampe à feu nu, avait mis le feu à une petite quantité de gaz qui s'y était accumulé.

Les tuyaux amenant l'air au chantier arrivaient jusqu'à 1 mètre du front de taille.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

28. — Concession de

N^os d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
426	1856 4 février	Puits Descours — 8e Couche de St-Jean.	»	1 Brûlé grièvement.	96	27.750		Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier barré.
427	Id. 8 décembre.	Id. — 3e Couche.	»	1 Brûlé grièvement.	id.	id.	Chantier en remonte.	Id.	Imprudence de la victime qui, chargée de faire elle-même la visite de son chantier avec une lampe de sûreté, était arrivée dans ce chantier avec une lampe à feu nu.
428	1859 29 janvier.	Id. — 8e Couche de St-Jean.	»	1 Brûlé grièvement.	92	19.591	»	Id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'emploi de cette lampe était interdit.
429	Id. 29 janvier.	Id. — Couche dite La Clapeuse	»	1 Brûlé légèrement.	id.	id.	Chantier en remonte.	Id.	Inattention de la victime, qui était entrée avec une lampe à feu nu dans un chantier où les lampes de sûreté étaient seules employées.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Jean de Bonnefond (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, étant entré dans un chantier barré mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Un piqueur, muni d'une lampe à feu nu, se rendait à son travail dans un chantier en remonte de la 3e couche. Il avait à peine fait quelques pas dans son chantier qu'une explosion de grisou se produisit et le brûla grièvement.   **Remarques particulières.** — Les ouvriers, munis d'une lampe de sureté, devaient faire eux-mêmes la visite de leur chantier avant de se mettre au travail.   La veille de l'accident, la victime avait oublié sa lampe de sûreté dans son chantier et n'avait pas pris la précaution d'en demander une autre pour faire sa visite.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant avec une lampe à feu nu, dans un chantier où l'emploi de cette lampe était défendu, mit le feu à une petite quantité de grisou qui le brûla grièvement.
Indications générales. — L'aérage était bon et le courant d'air très actif.   **Circonstances de l'accident.** — Pendant le poste de nuit, le sous-gouverneur des travaux de la Couche dite la Clapeuse donna l'ordre à un ouvrier de se rendre dans la galerie d'aérage, pour achever des travaux de réparation qu'il y avait commencés depuis quelques jours. Ce dernier se dirigeant vers le niveau, entra, sans y faire attention, dans une remontée où l'on ne travaillait que pendant le jour et où l'on employait des lampes de sûreté. Une petite quantité de grisou, qui se trouvait accumulée dans ce chantier, s'enflamma sur la lampe ordinaire de l'ouvrier et le brûla légèrement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

28. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
430	1868 19 mai.	Puits St-Martin.	2 Brûlés.	2 Brûlés grièvement.	?	?	?	?	?
431	1874 4 Octobre.	Puits St-Hubert.	1 Asphyxié.	»	23	1056	Accumulation de gaz délétères, dans de vieux travaux restés longtemps noyés et épuisés depuis peu.	Accident par asphyxie, sans inflammation de gaz.	Imprudence de la victime qui entra sans nécessité dans des travaux où s'étaient accumulés des gaz délétères et que l'on cherchait à assainir.

29. — Concession

(Institué par décrêt

						Tonnes			
432	1833 4 Juillet.	Puits de la Cote Thiollière,	»	1 Brûlé.	31	5.170	?	Lampe à feu nu.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Saint-Jean de Bonnefond (*suite*).

OBSERVATIONS.

11

Circonstance de l'accident. — Une explosion de grisou, dont les causes n'ont pu être connues, s'est produite dans un chantier du puits St-Martin et a brûlé grièvement 4 ouvriers; deux sont morts des suites de leurs brûlures.

Remarques particulières. — Les lampes de sûreté des victimes ont été retrouvées intactes.

Indications générales. — Le puits St-Hubert avait été abandonné pendant longtemps. Voulant l'approfondir, on l'avait épuisé. Les deux premières recettes rencontrées avaient dégagé des gaz délétères provenant des anciens travaux inondés; l'on avait dû rouvrir d'anciennes fendues pour rétablir le courant d'air dans ces travaux. La 3e recette ayant également donné lieu à un dégagement de gaz qui rendait impossible le curage du puits, on avait établi, le 4 octobre, un barrage en planches près de la 2e recette, pour forcer l'air arrivant par l'une des fendues à descendre au niveau inférieur.

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier avait été chargé par le gouverneur d'aller observer la marche de l'air à l'entrée de la fendue; il s'y rendit avec un autre ouvrier. Ils entrèrent dans la fendue et s'avancèrent jusqu'au barrage,; le second ouvrier s'engagea même dans une galerie descendant au niveau inférieur, où il tomba bientôt asphyxié en appelant son camarade. Celui-ci courut à son secours, mais sa lampe s'étant éteinte et éprouvant lui-même les premiers symptômes de l'asphyxie, il ne put arriver jusqu'à lui. Il enleva une partie du barrage et se dirigea vers le puits en appelant à son secours.

On descendit immédiatement par le puits, mais le mauvais air empêcha d'arriver jusqu'à lui: ce ne fut qu'en passant par la fendue qu'on put le sauver. L'autre ouvrier ne fut retrouvé que le lendemain; après plusieurs tentatives infructueuses et après qu'on eut établi un ventilateur derrière le barrage et une colonne de tuyaux dans la galerie descendant au niveau inférieur.

de Côte Thiollière.

du 6 Novembre 1825.)

Circonstances de l'accident. — Pas de détails.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

[illegible]. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
433	1833 20 Août.	Puits du Pont de l'Ane.	»	1 Brûlé	31	5.170	Dégagement subit de grisou par une fissure du front de taille dans un chantier.	Lampe à feu nu.	»
434	1835 14 Avril.	Puits de la Cote Thiollière.	»	4 Brûlés grièvement.	40	13.895	»	id.	»
435	id. 18 Août.	id. — 3e Couche	»	2 Brûlés grièvement.	id.	id.	Chantier en remonte.	id.	»
436	1838 8 Septembre.	id. — id.	»	1 Brûlé grièvement.	82	34.390	Interruption de travail dans un chantier.	id.	»
437	1838 22 Juin.	Puits St-Antoine. — 3e Couche.	3 Brûlés.	»	132	42.110	»	Flamme d'une lampe de sûreté chassée hors du treillis, par suite du renversement de cette lampe.	»
438	1839 9 Septembre.	Puits Neuf.	21 Brûlés	»	131	48.915	?	»	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Côte Thiollière (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillait dans un chantier, lorsque le grisou qui se dégageait d'une fissure du front de taille vint s'enflammer sur sa lampe à feu nu et le brûla.
Circonstances de l'accident. — Quatre ouvriers travaillaient dans un chantier où l'on ne soupçonnait pas la présence du grisou; ils étaient munis de lampes à feu nu. Une explosion se produisit et leur fit à tous de graves brûlures.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient à feu nu dans une petite remontée, lorsqu'un éboulement survenu à la partie supérieure du chantier chassa sur leurs lampes une petite quantité de grisou qui s'y enflamma. Les deux ouvriers furent légèrement brûlés.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu s'était absenté de son chantier pendant quelque temps. Lorsqu'il y rentra, une petite quantité de grisou s'enflamma sur sa lampe et le brûla grièvement.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers travaillaient dans un chantier contenant du grisou. L'un d'eux ayant accidentellement renversé sa lampe de sûreté, occasionna une explosion. Les trois ouvriers furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Pas de détails.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

29. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT Causes directes de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
439	1841 3 Décembre.	Puits nº 3. — 3e Couche.	»	1 Brûlé grièvement.	92	47.465	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier dont l'accès était défendu.
440	1845 7 Février.	Puits nº 6. — id. —	»	4 Brûlés.	110	41.130	Expulsion, par un ventilateur, du grisou accumulé dans un chantier en cul-de-sac.	id.	»
441	1848 6 Octobre.	Puits Robert.	1 Brûlé.	2 Brûlés grièvement	150	39.435	Changement brusque survenu dans la direction du courant d'air, par suite de la démolition d'un barrage	Lampes de sûreté dont le treillis rougit.	»
442	1856 10 Mai.	Puits Merle — 5e Couche. —	»	1 Brûlé grièvement.	113	14.417	Chantier en remonte longeant un accident de la couche.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier grisouteux où l'on n'employait que des lampes de sûreté.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Côte Thiollière (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, en entrant dans un chantier dont l'entrée était défendue, détermina une petite inflammation de grisou qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier manœuvrait un ventilateur à bras pour chasser le grisou qui se trouvait dans un chantier en cul-de-sac ; une lampe à feu nu était placée dans le courant d'air, à quelques pas de lui. Le gaz sortant du chantier vint s'enflammer sur la lampe à feu nu ; l'ouvrier et trois de ses camarades qui se trouvaient dans le voisinage, furent brûlés.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers munis de lampes de sûreté étaient occupés dans un chantier. La démolition d'un barrage ayant amené un changement brusque dans la direction du courant d'air, le grisou fut refoulé en assez grande abondance dans le chantier ; le treillis des lampes de sûreté rougit sans que les ouvriers s'en aperçussent ; il s'ensuivit une explosion qui brûla mortellement l'un des ouvriers et grièvement les deux autres.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier était entré, avec une lampe à feu nu, dans un chantier en remonte longeant un accident, où le grisou avait été constaté, et où l'on n'employait que des lampes de sûreté ; ayant élevé sa lampe dans une petite cloche du toit, il occasionna une explosion qui le brûla grièvement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

29. — Concession de

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers — Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers — Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes. 10
443	1857 20 Mars.	Puits Merle. — 5e couche.	»	1 Brûlé légèrement.	90	20.555	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'emploi des lampes de sûreté était seul permis.
444	1860 30 Avril.	id. — 7e Couche.	1 Brûlé légèrement et asphyxié.	»	141	40.400	»	id.	Imprudence de la victime qui avait pénétré avec une lampe à feu dans un chantier barré, malgré l'observation d'un de ses camarades.
445	1865 27 Décembre.	Puits Robert. — 7e Couche.	»	3 Brûlés, dont 2 très-grièvement.	118	22.225	Remontée aérée par un ventilateur et une colonne de tuyaux.	Lampe de sûreté inclinée pour y allumer la mèche d'un coup de mine.	Imprudence de deux des victimes, qui voulurent allumer un coup de mine dans leur chantier, bien qu'ils y eussent constaté la présence du grisou.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

Côte Thiollière (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier muni d'une lampe à feu nu, entrant dans un chantier où l'emploi des lampes de sûreté était seul permis, détermina une inflammation de grisou qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier du poste de nuit, arrivant au travail avant la fin du poste de jour, entra pour se reposer dans un chantier dont l'entrée était défendue et barrée. Il portait une lampe à feu nu. Le sous-gouverneur, ne le trouvant pas au poste qu'il lui avait indiqué, pensa qu'il était sorti de la mine. On ne s'inquiéta de son absence que le lendemain matin. Il fut retrouvé légèrement brûlé et asphyxié dans le chantier barré. **Remarques particulières.** — Un des ouvriers du poste de jour, voyant l'ouvrier qui a été victime de l'accident, se diriger vers le chantier défendu, lui avait fait observer qu'il était imprudent d'aller de ce côté. Il n'avait pu donner d'indication au sous-gouverneur, étant parti avec les ouvriers travaillant de jour.
Indications générales. — Le courant d'air, sans être très actif, était partout appréciable. La remontée où l'accident s'est produit était aérée au moyen d'un ventilateur et d'une colonne de tuyaux; le ventilateur était placé dans le niveau inférieur, où passait le courant d'air. Le grisou se montrait en faible quantité dans plusieurs chantiers de la 7me couche. On y employait des lampes de sûreté. **Circonstances de l'accident.** — Deux ouvriers travaillaient à l'avancement d'une remontée ouverte dans un niveau de la 7e couche. Au moment où l'un d'eux, après avoir préparé un coup de mine, inclinait sa lampe de sûreté pour mettre le feu à l'étoupille, une explosion de grisou se produisit et les brûla tous deux très grièvement. L'explosion se propagea dans le niveau, où le manœuvre qui tournait le ventilateur à 15 mètres de la remontée, fut brûlé légèrement. **Remarques particulières.** — Avant de mettre le feu à leur coup de mine, les deux ouvriers avaient fait la visite de leur chantier et avaient constaté que le grisou marquait à la lampe de sûreté. Un arrêté préfectoral prescrivait l'allumage par le sous-gouverneur ou par un chef de poste, des coups de mine tirés dans les chantiers grisouteux.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

30. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
446	1858 9 Août.	Puits Julie.	»	1 Brûlé grièvement.	103	24.905	Niveau en cul-de-sac, percé au bas d'une longue galerie descendante, en dehors du courant d'air.	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime, qui avait visité avec une lampe à feu, malgré la défense, un chantier où la présence du grisou avait été constatée.

31. — Concession

(Instituée par décret

Nos d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	Tués. 4	Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	de l'accumulation du gaz. 8	de l'inflammation du gaz. 9	Causes indirectes. 10
						Tonnes			
447	1840 30 Mars.	Puits Devarey. — Grande couche.	»	1 Brûlé légèrement.	117	24.912	»	Lampe à feu nu.	»
448	1864 10 Décembre.	Puits d'Assailly.	»	1 Brûlé légèrement.	273	87.617	Chantier de 5m d'avancement ouvert dans une galerie de retour d'air.	id.	Imprudence du gouverneur, qui avait placé un ouvrier, muni d'une lampe à feu, dans un chantier sans avoir préalablement visité celui-ci avec une lampe de sûreté.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de la Calaminière.

du 14 Mai 1849)

OBSERVATIONS.

11

Circonstances de l'accident. — Un gouverneur, visitant avec une lampe à feu nu un chantier où la présence du grisou avait été constatée, détermina une explosion qui le brûla grièvement.

Remarques particulières. — Le grisou se montrait pour la première fois dans les travaux ; il avait été signalé quelques jours auparavant dans le chantier situé à l'extrémité d'un niveau partant du pied d'une longue descente.

L'ingénieur de la mine n'ayant pas suffisamment de lampes de sûreté à sa disposition, avait fait suspendre l'avancement du chantier et décidé l'établissement d'un ventilateur et d'une colonne de tuyaux pour l'aérer. Il avait défendu au gouverneur d'y pénétrer sans lampe de sûreté.

du Reclus.

du 17 Juillet 1825)

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier pénétrant dans un chantier, mit le feu, avec sa lampe ordinaire, à une petite quantité de grisou qui le brûla légèrement.

Remarques particulières. — Le grisou ne s'était jamais montré dans le chantier où a eu lieu l'accident. On y travaillait à feu nu.

Indications générales. — On travaillait avec des lampes à feu nu, après visite préalable faite par le gouverneur avec une lampe de sûreté.

Circonstances de l'accident. — Un gouverneur ayant reconnu la présence du grisou dans un chantier, laissa sa lampe de sûreté à l'ouvrier qui devait y travailler. Il lui restait à visiter un atelier ouvert dans la galerie de retour d'air, ayant à peine 5m d'avancement et dans lequel il ne pensait pas qu'il pût y avoir de grisou. Il s'y rendit avec une lampe à feu nu et y plaça un ouvrier. Quelques instants après, une petite explosion eut lieu, qui causa à cet ouvrier des brûlures légères sans laisser aucune autre trace.

Remarques particulières. — Le courant d'air était très actif dans la galerie de roulage sur laquelle était ouvert le chantier où l'accident s'est produit.

Quatre heures avant l'accident, ce chantier avait été visité ; il ne contenait aucune trace de grisou.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

32. — Concession

(Instituée par décret

N° d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers: Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers: Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes: de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
449	1819 28 Décembre.	Puits Neuf.	»	1 Brûlé grièvement.	?	?	»	Lampe à feu nu.	»
450	1821 27 Juillet.	Id.	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	»	Feu mis intentionnellement au grisou pour assainir la mine.	»
451	1822 2 Octobre.	Id.	»	2 Brûlés légèrement.	?	?	Eboulement dans un chantier.	Lampe à feu nu.	»
452	1824 5 Août.	Puits du Pré.	»	3 Brûlés.	?	?	»	Id.	»

33. — Concession

(Instituée par décret

N° d'ordre.	DATE	LIEU	Tués.	Blessés.	OUVRIERS au fond.	PRODUCTION	accumulation	inflammation	Causes indirectes.
						Tonnes			
453	1842 19 Septembre.	? Grande Masse.	»	1 Brûlé grièvement.	?	?	»	Id.	»

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

du Gourd'Marin.

du 8 Août [illegible]).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier travaillant dans un chantier ayant élevé sa lampe à feu nu au toit, une petite explosion de grisou eut lieu ; il fût brûlé légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier canonnier fut brûlé en mettant le feu au grisou.
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers travaillaient dans un chantier, lorsqu'un éboulement se produisit et chassa une petite quantité de gaz sur une de leurs lampes à feu nu. Une explosion eut lieu et les brûla tous deux légèrement.
Circonstances de l'accident. — Trois ouvriers travaillaient dans un chantier ; l'un d'eux, en élevant sa lampe à feu nu au toit, détermina une explosion de grisou qui le brûla, ainsi que ses deux camarades.

de Janon.

du 4 Novembre 1824).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, muni d'une lampe à feu nu, entrant dans un chantier où l'on ne soupçonnait pas la présence du grisou, détermina une explosion qui le brûla grièvement.

A. — MINES DE HOUILLE

1. — BASSIN DE SAINT-ÉTIENNE

22. — Concession

Nº d'ordre. 1	DATE de l'accident. 2	LIEU de l'accident. 3	NOMBRE d'ouvriers Tués. 4	NOMBRE d'ouvriers Blessés. 5	OUVRIERS au fond. 6	PRODUCTION annuelle de la mine. 7	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'accumulation du gaz. 8	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes directes — de l'inflammation du gaz. 9	CAUSES DE L'ACCIDENT — Causes indirectes. 10
						Tonnes			
454	1842 19 septembre.	? Grande Masse.	»	2 Brûlés légèrement.	?	?	»	Lampe à feu nu.	Imprudence des victimes qui avaient pénétré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'emploi de cette lampe était interdit.

FIN DU GROUPE

Erratum à la concession

						Tonnes			
455	1838 16 septembre.	Fendue à Chars. — Grande couche de la Béraudière	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	»	Id.	»
456	1843 8 avril.	Id. — Id.	»	1 Brûlé légèrement.	?	?	»	Lampe à feu nu.	Imprudence de la victime qui, malgré la défense, avait pénétré dans un chantier avec une lampe à feu nu.
457	1848 30 octobre.	Id. — Id.	»	4 Brûlés légèrement.	?	?	»	Id.	»

Accident Nº 126. — Col. 3. Au lieu de « Mine de la Ricamarie », mettre : « Fendue à Chars, Grande couche ».

* Voir 2me Fascicule, pages 46-47 et suivantes.

2. — GROUPE DE LA LOIRE.

a. — Département de la Loire.

de Janon (*suite*).

OBSERVATIONS.
11
Circonstances de l'accident. — Deux ouvriers, en pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'on ne devait employer que des lampes de sûreté, déterminèrent une inflammation de grisou qui leur causa de légères brûlures.

DE LA LOIRE.

de la Béraudière (*).

Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, en pénétrant avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'on ne soupçonnait pas la présence du grisou, occasionna une explosion qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Un ouvrier, étant entré avec une lampe à feu nu dans un chantier où l'on n'employait que des lampes de sûreté, détermina une petite explosion de grisou qui le brûla légèrement.
Circonstances de l'accident. — Quatre ouvriers travaillaient dans un chantier où l'on ne soupçonnait pas la présence du gaz ; ils étaient munis de lampes à feu nu. Une explosion se produisit et les brûla légèrement.

(*La suite à une prochaine livraison*).

GRANDE-BRETAGNE

LOI DE 1882 SUR LES EXPLOSIONS DE CHAUDIÈRES A VAPEUR

EXTRAIT D'UN RAPPORT A LA COMMISSION CENTRALE DES MACHINES A VAPEUR.

Une loi sur les explosions de chaudières à vapeur, et plus spécialement sur les enquêtes à faire à l'occasion de ces accidents, a été élaborée, en 1882, par le Parlement anglais.

Elle définit *chaudière* tout récipient fermé servant à produire de la vapeur, ou à chauffer un liquide quelconque, ou dans lequel on admet de la vapeur pour chauffer, produire de la vapeur, faire bouillir, ou obtenir tout autre résultat analogue. Ceux de ces appareils à vapeur qui servent exclusivement aux usages domestiques, ceux qui sont employés à l'un des services de la Reine, les chaudières qui sont installées à bord des bateaux à vapeur, munis d'un certificat du ministère du commerce (*Board of trade*), et celles qui sont régies par les lois sur les mines, ne sont pas soumises au régime de la loi.

Quand il y a explosion de chaudière, le propriétaire de l'appareil, celui qui en fait usage, ou leur représentant, doit, sous peine d'amende, en prévenir le Ministère du

Commerce dans les vingt-quatre heures. L'avis doit contenir l'exposé sommaire, mais complet, des principaux faits de l'accident.

Dès réception de cet avis, le *Board of trade* désigne une ou plusieurs personnes compétentes pour procéder à une enquête préliminaire. Les commissaires, pour l'exécution de leur mandat, sont munis des pouvoirs attribués aux magistrats et aux officiers publics, chargés de l'application des pénalités en matière de procédure sommaire.

Si le *Board of trade*, soit avant la clôture de cette enquête préliminaire, soit après, le juge utile, il provoque une enquête approfondie sur les causes et les circonstances de l'explosion. Les commissaires qu'il en charge sont au moins au nombre de deux : un ingénieur, ayant la pratique de la construction et de l'emploi des chaudières à vapeur, et un légiste compétent; ils ont, pour l'accomplissement de leur mission, les mêmes pouvoirs que les commissaires de l'enquête préliminaire et, en outre, des pouvoirs analogues à ceux que les lois françaises attribuent aux magistrats d'instruction en matière correctionnelle. Leur enquête est publique et leur rapport est publié par le *Board of trade*.

A défaut d'une enquête approfondie, ce dernier fait publier le rapport de l'ingénieur chargé de l'enquête préliminaire.

Les frais de l'enquête sont supportés, en totalité ou en partie, selon ce qu'en décide la Commission d'enquête, soit par l'une des personnes responsables de l'accident, soit par le *Board of trade*. La décision prise par la Commission, à cet égard, est rendue exécutoire par le tribunal de juridiction sommaire.

On voit que la loi anglaise procède en matière d'enquête sur les explosions de chaudières à peu près comme la loi française. Les deux prescrivent la double enquête,

en prévoyant le cas où une seule devra suffire. Quant aux différences qui les distinguent, elles sont, pour la majeure partie, la conséquence des organisations administrative et judiciaire différentes des deux pays. La plus saillante consiste en ce qu'au delà du détroit, les commissaires enquêteurs doivent toujours être choisis par le *Board of trade*, à qui en incombe la désignation, parmi les personnes indépendantes, ingénieurs ou légistes, pratiquement compétentes dans la matière, et en ce que ces commissaires sont tous munis des pouvoirs nécessaires pour arriver à la découverte de la vérité; tandis qu'en France, les commissaires enquêteurs sont fonctionnaires de l'État ou magistrat set sont désignés par la loi, savoir : pour les enquêtes du premier degré, les ingénieurs des mines chargés de la surveillance des appareils à vapeur, sans pouvoirs spéciaux pour l'accomplissement de leur mission; pour les enquêtes du second degré, les magistrats des parquets, munis de pouvoirs très étendus et autorisés à recourir, en cas de besoin, aux lumières de personnes compétentes, choisies par eux.

L'Ingénieur en chef des Mines, Rapporteur,
Signé : LINDER.

LOI DE 1882 SUR LES EXPLOSIONS DE CHAUDIÈRES.

(Traduction par M. AGUILLON, ingénieur en chef des mines.)

---

45 et 46 VICT., CHAP. 22.

Loi relative à une amélioration des mesures concernant les enquêtes sur les explosions de chaudières (12 juillet 1882).

Attendu que des mesures spéciales ont été prescrites législativement pour régler les enquêtes sur les causes et les circonstances des explosions de chaudières à bord des navires et sur

les chemins de fer, et qu'il paraît opportun que des mesures analogues soient prises pour organiser des enquêtes sur toutes autres explosions de chaudières.

Il a été prescrit ce qui suit, par Sa Très Excellente Majesté la Reine, de l'avis et du consentement des Lords spirituels et temporels et de la Chambre des communes, réunis dans la présente session :

I. La présente loi prendra le titre de *Loi de* 1882 *sur les explosions de chaudières*,

II. La loi sera appliquée à la totalité du Royaume-Uni.

III. Dans la présente loi, par le mot *chaudière*, on doit entendre un récipient fermé, servant à produire de la vapeur, ou à chauffer soit de l'eau, soit tous autres liquides, ou dans lequel de la vapeur est admise pour chauffer, produire de la vapeur, faire bouillir, ou pour tout autre but analogue.

Par le mot *tribunal de juridiction sommaire* (*court of summary jurisdiction*), on doit entendre tous juge de paix, magistrat de police métropolitaine, magistrat appointé, shérif, substitut de shérif, ou tout autre magistrat ou officier public, sous quelque nom qu'il soit désigné, qui a compétence pour appliquer des pénalités en matière de procédure sommaire.

IV. La loi ne s'applique pas à toute chaudière qui n'est employée que pour des usages domestiques, ni à toute chaudière employée pour un des services de Sa Majesté, ni à toute chaudière placée à bord d'un bateau à vapeur muni d'un certificat du *Board of trade*, ni à toute explosion de chaudière qui donnerait lieu à une enquête faite en conformité à la loi sur les mines de houille de 1872 et à la loi sur les mines métalliques de 1872 ou à l'une ou l'autre de ces lois.

V (1°). En cas d'explosion d'une chaudière soumise à la présente loi, avis doit en être envoyé, dans les vingt-quatre heures, au *Board of trade*, par le propriétaire ou l'usager ou par la personne qui les représente.

(2°). L'avis doit faire connaître le lieu précis, le jour et l'heure de l'explosion, le nombre de personnes blessées ou tuées, l'usage auquel était employée la chaudière ; la partie de la chaudière qui a cédé ; l'étendue de la défectuosité, et toutes autres particularités, s'il y a lieu, que le *Board of trade* pourrait réclamer suivant avis insérés dans le *London Gazette* ; le tout d'après le modèle annexé à la présente loi, ou tout autre modèle que pourrait ultérieurement indiquer le *Board of trade*.

(3°). A défaut de se conformer aux prescriptions du présent

article, la personne responsable sera passible, sur conviction sommaire, d'une amende de 20 livres sterling au plus.

VI (1°). En recevant avis d'une explosion de chaudière, le *Board of trade* peut, s'il le juge bon, désigner un ou plusieurs ingénieurs, compétents et indépendants, pratiquement versés dans la fabrication et l'emploi des chaudières, pour procéder à une enquête préliminaire (*preliminary inquiry*) sur l'explosion; la personne ainsi désignée aura les pouvoirs conférés à la *Commission d'enquête* par la sous-section (4°) du présent article. Si e *Board of trade*, soit avant, soit après l'enquête préliminaire précitée, le juge utile, il pourra provoquer une *enquête approfondie* (*formal investigation*) sur les causes et les circonstances de l'explosion, dans les conditions suivantes :

(2°). L'*enquête approfondie* sera faite, à ou près de l'endroit de 'explosion, par une *Commission d'enquête* (*Court*) composée d'au moins deux commissaires désignés par le *Board of trade*, dont l'un au moins sera un ingénieur particien, compétent, spécialement versé dans la construction et l'emploi des chaudières à vapeur, et l'autre un légiste compétent. La Commission sera présidée par celui des commissaires désigné par le *Board of trade*.

(3°) La Commission procédera publiquement, de la manière et dans les conditions que les commissaires estimeront les plus propres à déterminer les causes et les circonstances de l'explosion, et à les mettre en mesure de fournir le rapport dont il sera ultérieurement question.

(4°) La Commission aura, pour procéder à son enquête, tous les pouvoirs d'un *tribunal de juridiction sommaire* dans l'exercice de sa juridiction ordinaire, et, en outre, les pouvoirs suivants :

a) La Commission, ou toute personne désignée par elle, peut s'introduire, pour l'inspecter, dans toute place ou construction, dont l'accès et l'examen paraîtraient utiles à la Commission ;

b) Elle peut citer à comparaître devant elle toute personne qu'elle juge utile d'appeler, l'interroger, et réclamer toute réponse orale ou écrite à toutes questions qu'elle croit bon de poser;

c) Elle peut réclamer et rendre obligatoire la production de tous livres, papiers et documents qu'elle considère importante à l'accomplissement de sa mission;

d) Elle peut déférer le serment et contraindre toute personne

interrogée à certifier par écrit la vérité des renseignements fournis par elle dans son interrogatoire;

e) Toute personne ainsi citée, à l'exception du propriétaire ou de l'usager de la chaudière, de leurs agents et employés, ou de ceux qui sont mêlés à l'usage ou à la direction de la chaudière, recevra du *Board of trade* l'indemnité allouée à un témoin cité devant une Cour de *Record*, et, en Écosse, à un témoin dans une poursuite criminelle devant le jury d'un tribunal de shérif. En cas de contestation sur le montant de la taxe, la connaissance en sera renvoyée par la *Commission d'enquête* au *maître* (*master*) de l'une des *Cours supérieures*, et, en Écosse, à l'*auditeur* (*auditor*) de la *Cour de session*, lequel, sur requête délivrée par les membres de la Commission d'enquête, arrêtera et certifiera le montant exact de la taxe à allouer au témoin.

(5°) La *Commission d'enquête* fournira au *Board of trade* un rapport clair et complet, faisant connaître les causes de l'explosion et toutes les circonstances qui s'y rattachent, reproduisant les témoignages reçus par la Commission, et donnant sur les faits, sur les témoignages ou sur toutes autres matières se rattachant à l'enquête, toutes les observations que la Commission croira devoir présenter. Le *Board of trade* fera publier ce rapport de la manière qu'il jugera convenable. A défaut d'une *enquête approfondie*, le *Board of trade* fera publier, comme il le voudra, le rapport présenté par l'ingénieur qui aurait été chargé de l'enquête préliminaire.

VII. La *Commission d'enquête* peut mettre les frais et coûts de l'*enquête préliminaire* ou de l'*enquête approfondie*, soit en totalité, soit en partie seulement, et en y comprenant les honoraires des personnes chargées des enquêtes, à la charge soit d'une des personnes citées devant elle, soit du *Board of trade*. Cette décision, sur la demande de toute personne intéressée à son exécution, sera rendue exécutoire par tout *tribunal de juridiction sommaire* comme si ces frais et coûts constituaient une amende infligée par ledit tribunal.

Le *Board of trade* peut, si elles le jugent convenable, payer aux personnes qui ont été chargées de poursuivre une enquête préliminaire ou approfondie, tels honoraires qu'elles auront fixés avec le consentement du Trésor.

A moins qu'il n'en soit autrement décidé, tous les frais et coûts exposés par le *Board of trade*, y compris les honoraires des commissaires, et tous les frais et coûts mis à la charge du

Board of trade par la *Commission d'enquête*, seront soldés des deniers fournis par le Parlement à cet effet.

VIII. Toute amende à payer en vertu de cette loi sera recouvrée : en Angleterre, de la manière prescrite par les lois sur la juridiction sommaire; en Écosse, de la manière prescrite par les lois, sur la juridiction sommaire, de 1861 et de 1881, et par toutes autres lois ayant amendé celles-ci; en Irlande, dans le ressort de la police métropolitaine de Dublin, suivant les prescriptions des lois réglant les pouvoirs et les devoirs des justices de paix de ce district, et ailleurs, suivant les prescriptions de la loi de 1851 sur les petites sessions (14 et 15 Vict., c. 93), ou de toute loi ultérieure ayant amendé celle-ci.

ANNEXE

Rapport sur une explosion de chaudière à vapeur à envoye au *Board of trade* dans les 24 heures de l'accident (Voir art. V).

1° Nom des lieux ou de l'usine où la chaudière a fait explosion.

2° Adresse postale.

3° Jour et heure de l'explosion.

4° Nombre de personnes tuées.

5° Nombre de personnes blessées.

6° Description générale de la chaudière.

7° Usage auquel la chaudière était destinée.

8° Partie de la chaudière qui a cédé et étendue de la défectuos

9° Pression à laquelle la chaudière fonctionnait.

10° Nom et adresse de la société ou de l'association qui inspectait ou assuait la chaudière.

(*Signature de la personne responsable de la véracité des détails contenus dans la déclaration.*)

Adresse.

Date.

ESSAIS

EFFECTUÉS

SUR UNE MACHINE CORLISS

AUX USINES DU CREUSOT

Par M. F. DELAFOND, ingénieur en chef des mines.

I. — Exposé préliminaire.

MM. Schneider ont, en 1883, durant une période de six mois, soumis à des essais aussi nombreux que variés une machine Corliss construite dans leurs ateliers.

Les résultats obtenus offrent un haut intérêt au point de vue pratique; ils font connaître comment varient avec les conditions de marche les consommations de vapeur; ils sont, en outre, de nature à jeter quelque lumière sur cette question, si controversée et parfois si obscure, du mode d'action de la vapeur dans les cylindres des machines.

MM. Schneider ont pensé, avec raison, que la publication de ces essais constituerait une œuvre utile; aussi nous ont-ils communiqué tous les documents recueillis par eux, et nous avons pu y puiser les éléments du présent mémoire.

Avant d'aborder l'examen des expériences, il nous

paraît opportun de résumer, en quelques mots, l'état de la question, au point de vue des connaissances acquises sur les machines à vapeur.

État des connaissances acquises sur les machines à vapeur.

On sait, depuis longtemps, que la dépense de vapeur, dans les machines, est très notablement différente de celle à laquelle conduit l'hypothèse de vapeur saturée et sèche, actionnant un piston et ne subissant, pendant l'introduction et l'expansion, ni perte ni gain de chaleur dus à des causes externes.

1° *Condensations à l'admission.* — L'étude attentive des phénomènes a montré que le poids de vapeur présenté, à la fin de l'admission, est inférieur, et même parfois de beaucoup inférieur au poids de vapeur fournie par la chaudière. L'hypothèse de fuites au piston, admise, tout d'abord, a été bientôt écartée, et c'est à des condensations de la vapeur pendant l'admission qu'on attribue exclusivement aujourd'hui l'écart signalé ci-dessus.

Les parois du cylindre, dit-on, se refroidissent pendant la détente et pendant l'émission; lorsque la vapeur saturée arrive de la chaudière, elle rencontre des surfaces froides et se condense en partie. Au moment où la détente commence, les parois du cylindre et du piston sont ainsi recouvertes d'eau sous forme de rosée, dont la température est égale à celle de la vapeur admise. Pendant l'expansion, le piston découvre, en s'avançant, des surfaces froides, qui provoquent de nouvelles condensations. Mais la température de la vapeur qui se détend s'abaissant rapidement, l'eau déposée sur les parois s'évapore, dès que sa température devient supérieure à celle de la

vapeur ; il se produit donc à tout instant, durant l'expansion, une évaporation continue d'une partie de l'eau condensée, en même temps que des condensations sur les surfaces refroidies que découvre progressivement le piston. « Les parois du cylindre jouent ainsi alternativement « le rôle de condenseur et de chaudière. » *Isherwood* (*).

Par ce motif, la tension de la vapeur ne suit pas, pendant la détente, la loi de décroissance calculée pour le cas où les parois seraient imperméables à la chaleur, c'est-à-dire où l'expansion aurait lieu *adiabatiquement ;* la courbe relevée à l'indicateur de Watt s'écarte notablement de la courbe adiabatique et se rapproche au contraire, dans la plupart des cas, de l'hyperbole équilatère. C'est surtout, en général, à la fin de la détente que la pression se relève ; les évaporations de l'eau condensée paraissent avoir lieu principalement à ce moment.

Ces condensations jouent un rôle essentiel dans le fonctionnement des machines ; aussi ont-elles attiré, d'une manière toute spéciale, l'attention des ingénieurs.

Des travaux remarquables ont été publiés sur cette question par MM. Hirn et ses collaborateurs, MM. Leloutre, Hallauer, etc.

Dans divers articles récents, un savant éminent, M. Zeuner, a contesté l'influence exclusive attribuée par M. Hirn aux parois métalliques dans le phénomène des condensations ; il pense qu'il doit rester en permanence, dans le cylindre, une provision d'eau notable, qui joue le même rôle que les parois. Elle se refroidit durant la détente et l'émission, en s'évaporant partiellement ; lorsque le piston arrive à fin de course, elle est emprisonnée dans les espaces nuisibles ; et pendant l'admission

(*) *Revue de Liège*, 1879, t. V, p. 508. — Les découvertes récentes concernant la machine à vapeur, par M. Dwelshauvers-Dery.

elle condense, à cause de sa température plus basse, la vapeur chaude arrivant de la chaudière.

Quoi qu'il en soit, que les condensations de la vapeur soient dues exclusivement aux parois métalliques, comme le dit M. Hirn, ou à l'action combinée des parois et de l'eau emprisonnée, comme le pense M. Zeuner, leur effet est le suivant :

La vapeur en se condensant, pendant la période d'introduction, laisse dégager des calories (Ra) qui échauffent les parois et l'eau emprisonnée; pendant la détente, ces dernières restituent généralement des calories (Rd); parfois cependant elles en absorbent.

Comme, en somme, les parois du cylindre et l'eau emprisonnée arrivent à un état d'équilibre tel que leur température, tout en variant pendant un double coup de piston, repasse périodiquement par les mêmes variations, il faut que les calories absorbées pendant l'admission et l'expansion soient perdues pendant l'échappement (*). Si on appelle Rc ces dernières, on doit avoir :

$$Rc = Ra \pm Rd.$$

Rd devant être affecté du signe + ou — suivant la nature des phénomènes qui ont lieu pendant la détente.

Les calories Rc sont absolument perdues pour le travail de la machine.

M. Hirn a particulièrement porté son attention sur la quantité Rc, qu'il désigne sous le nom de refroidissement au condenseur; il lui attribue un rôle essentiel dans l'économie de fonctionnement des moteurs à vapeurs.

L'influence nuisible des condensations à l'admission étant bien constatée, on a cherché à y parer.

Les machines Woolf et Compound présentent l'avan-

(*) Nous supposons, pour simplifier, qu'il n'y ait pas de compression de vapeur dans les espaces nuisibles.

tage que leurs petits cylindres ne sont pas en communication avec le condenseur; et comme on attribuait à ce dernier un rôle considérable dans le refroidissement des parois, on a recommandé les types précités, comme devant donner lieu à des condensations beaucoup moins fortes pendant la période d'introduction.

D'autres ingénieurs ont cherché à modifier la nature des parois des cylindres, à faire usage de substances peu conductrices de la chaleur. Toutefois ces tentatives ne paraissent pas avoir abouti.

Un fait capital dans l'histoire des moteurs à vapeur vint bientôt attirer l'attention, c'est l'apparition de la machine Corliss. Une machine à un seul cylindre arrivait à donner des résultats économiques aussi satisfaisants, sinon plus, que les machines à deux cylindres. En présence de ce fait, n'y avait-il pas lieu de penser que l'influence du condenseur sur le refroidissement des parois avait été exagérée? Les essais opérés au Creusot nous permettront de répondre à cette question; il nous feront connaître également comment varient, suivant les conditions de marche, les condensations à l'admission.

2° *Enveloppe de vapeur.* — Il convient de dire quelques mots encore d'un perfectionnement important apporté par Watt, l'enveloppe de vapeur, qui a motivé, depuis longtemps, de bien vives controverses. L'effet avantageux, d'abord contesté, est généralement admis aujourd'hui. Mais le mode d'action est demeuré très mystérieux. On constate, en effet, que le nombre des calories cédées par la vapeur de l'enveloppe est minime, et tout à fait disproportionné le plus souvent à la diminution constatée dans la consommation de la machine.

M. Hirn a donné, à ce sujet l'explication suivante :

« Que l'enveloppe fonctionne ou non, une partie toujours très notable de la vapeur admise au cylindre se

condense pendant l'admission et cède sa chaleur aux parois. Cette chaleur est employée ensuite : 1° pendant l'acte de la détente ; 2° pendant celui de la condensation. Mais quand l'enveloppe fonctionne, la plus grande partie de cette chaleur est consacrée à augmenter le travail de la détente. Quand l'enveloppe est supprimée, la plus grande partie de cette chaleur, au contraire, est dépensée en pure perte pendant la condensation. »

« Le fait remarquable, c'est que ce renversement complet dans les proportions de chaleur utilisée et de chaleur perdue ne dépend que d'une très petite quantité de chaleur cédée par l'enveloppe elle-même (*). »

Dans un récent mémoire (**), M. Widmann admet que l'enveloppe « n'agit point par la chaleur qu'elle cède directement, mais par une modification qu'elle apporte au rôle des parois, principalement pendant la période de détente ».

Les essais opérés au Creusot nous montreront quel est dans des cas très divers le rôle de l'enveloppe, et nous permettront de présenter une explication vraisemblable de son influence sur les condensations initiales.

3° *Travail effectif et travail indiqué sur le piston.* — Enfin, dans tout moteur, il y a lieu d'établir une distinction entre le travail indiqué sur le piston, tel qu'il résulte des diagrammes, et celui mesuré sur l'arbre moteur ; les frottements absorbent, en effet, une portion du travail indiqué.

M. Zeuner considère « l'ensemble de ces résistances comme composé de deux parties ; l'une de ces parties constitue la résistance constante, résistance qui persiste quand la machine travaille à vide. »

(*) *Exposition analytique et expérimentale de la théorie mécanique de la chaleur*, 3e édit., t. XI, p. 44.
(**) *Mémorial du génie maritime*, 1883.

L'autre partie, la résistance variable due aux frottements, est considérée par M. Zeuner comme proportionnelle au travail indiqué (*).

On aurait ainsi, en appelant Ti le travail indiqué sur le piston, et Te le travail effectif mesuré sur l'arbre, la relation

$$Te = -\alpha + \beta Ti.$$

Nous pourrons encore, avec les essais du Creusot, montrer quelle est la relation qui lie, pour la machine Corliss expérimentée, le travail effectif au travail indiqué.

II. — Description des essais.

1° *But des essais.* — Les essais ont eu pour but de déterminer :

1° La relation qui lie le travail effectif et le travail indiqué;

2° L'influence, sur la consommation de vapeur, de la pression, du degré de détente, de la présence ou de l'absence de condenseur, de la présence ou de l'absence d'enveloppe;

3° L'influence de la compression dans les espaces morts;

4° L'influence de la vitesse du piston;

5° L'influence de la présence, dans l'enveloppe, de vapeur ayant une plus haute pression que la vapeur admise.

Avant de faire connaître les résultats obtenus, il est essentiel de décrire, en quelques mots, la machine expérimentée, et la façon dont les essais ont été conduits.

(*) *Théorie mécanique de la chaleur*, 2e édit., traduction française, p. 198, 199.

Ces derniers présentent, en effet, de grandes difficultés; des causes d'erreurs nombreuses peuvent fausser les résultats, et il est utile de signaler les précautions multiples dont on s'est entouré au Creusot.

Cette description aura le double avantage, de pouvoir servir de guide pour des essais ultérieurs, et de démontrer que les résultats obtenus méritent confiance (*).

Enfin, elle nous permettra de faire connaître un système de frein d'un nouveau genre qui a, dans le cours des expériences, rendu de grands services.

2° *Description de la machine.* — Le type Corliss est trop connu, depuis plusieurs années, par de nombreuses publications, pour que nous considérions comme utile d'en donner, dans le présent mémoire, une description détaillée.

Nous nous bornerons à fournir un croquis du cylindre, faisant connaître les dimensions principales, et les dispositions des organes essentiels. (Voir *fig.* 1, Pl. IV.)

La machine a été construite aux ateliers du Creusot, avec le soin minutieux et la précision qui sont habituels à ces grands établissements.

Le cylindre a $0^{m},55$ de diamètre; la course du piston est de $1^{m},10$.

Le volume engendré par un coup de piston est de $0^{mc},256$.

La vapeur arrivant de la chaudière aboutit à la boîte B, pour gagner de là les coudes C, puis les tubulures d'admission.

Une soupape à lanterne S, placée dans la boîte B, permet de régler l'arrivée de vapeur.

Ces divers conduits sont garantis contre les refroidisse-

(*) Nous ajouterons que plusieurs de ces essais ont été, avec succès, répétés en notre présence.

ments extérieurs par une enveloppe en fonte F, qui emprisonne une couche d'air.

Les orifices d'admission ont 32 millimètres de largeur sur 525 millimètres de longueur; ceux d'émission ont 64 millimètres de largeur sur 525 millimètres de longueur.

Les espaces nuisibles, aussi réduits que possible, ont été mesurés en introduisant de l'eau par les trous des indicateurs, le piston étant au point mort; on a trouvé ainsi :

Espaces nuisibles avant : $0^{mc},0092$, soit 3,58 p. 100 du volume engendré par coup de piston;
Espaces nuisibles arrière : $0^{mc},0096$, soit 3,74 p. 100 du volume engendré par coup de piston.

L'enveloppe entoure seulement le corps du cylindre; la vapeur est prise sur une des tubulures d'introduction, et arrive par la soupape *s* dans l'enveloppe, où elle demeure stagnante. Un purgeur automatique, qui sera indiqué ultérieurement, fait écouler l'eau condensée.

On a pu, dans les essais, en ouvrant ou fermant la soupape *s*, marcher avec ou sans enveloppe de vapeur.

Une deuxième enveloppe en tôle E emprisonne une couche d'air, à l'effet de diminuer les refroidissements à l'extérieur.

La machine peut marcher avec ou sans condensation, le tuyau d'échappement portant une soupape à double direction, qui permet d'envoyer la vapeur au condenseur ou à l'air libre.

3° *Dispositions adoptées pour les essais.* — La figure 2 fait connaître l'installation spéciale à laquelle ont procédé MM. Schneider, pour assurer la bonne marche des expériences.

Nous devons mentionner tout d'abord, avant d'entrer dans le détail, une heureuse disposition dont il a pu être

fait usage. Généralement dans les essais on opère comme il suit : on fait fonctionner la machine pendant un certain temps ; puis, lorsqu'elle est arrivée à son régime normal, on commence les mesurages ; on observe, à ce moment, le niveau occupé par l'eau dans le tube indicateur de la chaudière. Mais cette observation est difficile à cause des mouvements continuels de la colonne liquide (*) ; des erreurs importantes peuvent être ainsi commises dans le jaugeage de l'eau fournie à la machine.

Au Creusot, on a fait usage, pour la période de mise en marche, de vapeur fournie par une conduite spéciale servant à l'alimentation des diverses machines des ateliers de construction. (Nous désignerons ultérieurement cette conduite sous le nom de conduite générale.)

Lorsque la machine Corliss avait fonctionné pendant quelque temps avec la vapeur de la conduite générale, qu'on avait réglé l'admission, qu'on avait obtenu enfin, au moyen du frein, une vitesse uniforme, on ouvrait brusquement la communication avec la chaudière d'essai, en même temps qu'on fermait la soupape de la conduite générale. On avait préalablement, à la chaudière d'essai, l'eau étant au repos, relevé exactement le niveau du liquide dans le tube indicateur.

L'essai fini, on alimentait pour ramener le liquide dans le tube à son niveau primitif.

Le volume de l'eau fournie à la chaudière donnait alors très exactement, grâce à la disposition adoptée, la consommation de la machine.

La courte description suivante fera connaître l'ensemble de l'installation. (Voir Pl. IV, fig. 2.)

(*) Ainsi on constatait au Creusot que pendant la marche, le niveau de l'eau oscillait, à chaque coup de piston, de 10 à 15 millimètres dans le tube indicateur.

Appareils de production et de jaugeage de la vapeur.

C conduite de vapeur générale;
S soupape de prise de vapeur;
A chaudière de locomotive affectée aux essais, et dans laquelle la tension de la vapeur pouvait être poussée à 8 kilog.;
C_1 tuyau du souffleur pris sur la conduite générale des ateliers;
E bâche d'alimentation contenant 1.500 litres et munie d'un tube indicateur placé à côté d'une échelle graduée; la hauteur est grande par rapport à la base, de manière à diminuer l'importance des erreurs de lecture sur l'échelle graduée;
E_1 deuxième bâche d'alimentation cloisonnée et munie d'un flotteur; les cloisons ont pour but d'empêcher l'agitation du liquide;
J petit injecteur Giffard puisant l'eau dans la bâche E_1, et fonctionnant d'une manière continue;
J_1 gros injecteur Giffard ne fonctionnant que par intermittence;
C_2 conduite de vapeur allant de la chaudière à la machine;
S_1 soupape de prise de vapeur;
α purgeur de la conduite.

Machine Corliss.

m manomètre. . } donnant la pression et la température de la vapeur entre la soupape régulatrice et un obturateur d'admission;
t thermomètre. }
β tuyau permettant, au besoin, d'alimenter l'enveloppe avec de la vapeur prise avant le passage par la soupape régulatrice;
γ purgeur automatique laissant écouler l'eau condensée dans l'enveloppe;
δ réservoir recueillant cette eau;
D condenseur;
E_2 bâche fournissant de l'eau pour le condenseur; elle est alimentée elle-même par de l'eau ayant 2 kilog. de pression;
K compteur Kennedy, pour le jaugeage du volume d'eau envoyé au condenseur;
I I robinets permettant, soit d'envoyer l'eau d'injection directement au condenseur, soit de la faire passer par le compteur Kennedy;
$t_1 t_2$ thermomètres.

Frein.

Au delà de la machine est situé le frein, destiné soit à mesurer le travail effectif sur l'arbre, soit seulement à maintenir la vitesse constante ; le type de frein adopté est usité depuis longtemps déjà au Creusot ; le serrage des mâchoires est automatique.

Nous décrirons d'abord les divers organes dont se compose cet appareil, et ferons connaître ultérieurement son mode de fonctionnement.

MM mâchoires du frein ;
P poulie à rebords calée sur l'arbre ;
B_1 bielle rigide reliant les deux mâchoires ;
B levier supporté par une pièce de fonte boulonnée sur la mâchoire supérieure ; il peut tourner autour de l'axe O, et il est relié par la bielle *b* à la mâchoire inférieure ;
r plateau supporté par le levier ;
s tige fixée au levier et venant s'appuyer sur un ressort *u* placé dans un tube ; ce dernier peut s'incliner en tournant autour d'un axe horizontal ;
vv tendeurs à vis permettant de serrer ou de desserrer les mâchoires ;
R grand plateau relié, par l'intermédiaire d'une poulie et d'une chaîne, à la mâchoire inférieure ;
ii robinets permettant d'arroser, soit la poulie P, soit la mâchoire inférieure ;
N solive. . } servant de butoirs au frein ;
N_1 poutre . }
z tachymètre Buss, mesurant la vitesse de rotation de l'arbre moteur ;

Dispositions diverses.

H injecteur permettant d'expulser l'eau accumulée dans la fosse par suite de l'arrosage du frein.

Enfin deux indicateurs Martin étaient placés aux deux extrémités du cylindre. Une grande poulie, placée entre

les indicateurs, était mise en mouvement par la tige du piston; la commande de cette poulie se faisait par un fil de laiton, assez dur pour ne pas s'allonger, et muni d'un tendeur; la vitesse de rotation de la poulie restait ainsi toujours exactement proportionnelle à celle du piston. Une ficelle reliait la même poulie aux indicateurs, et provoquait leur mouvement alternatif.

Un système d'embrayage spécial, monté sur la tige du piston, permettait de provoquer ou d'arrêter brusquement la marche des indicateurs (*).

Enfin un compteur, système Deschiens, mesurait le nombre de tours de la machine.

Telle est, dans son ensemble, l'installation, fort soignée et assez coûteuse, que MM. Schneider ont effectuée dans leurs usines.

Nous ajouterons que les essais étaient opérés par des ingénieurs habiles, qui avaient eu fréquemment déjà à expérimenter diverses machines.

III. — Description et usage du frein.

1° *Mode de fonctionnement.* — Il nous reste, avant d'entrer dans le détail des essais, à décrire le mode de fonctionnement du frein automatique.

Le frein de Prony, généralement en usage, présente des inconvénients. Dès que le frottement varie, les mâchoires s'inclinent et viennent heurter les butoirs.

Il faut agir constamment à la main, sur les boulons de serrage, pour essayer de maintenir le frein horizontal, et ce résultat ne peut être que difficilement atteint.

La manœuvre du frein de Prony est donc délicate et

(*) Les indicateurs et les poulies n'ont pas été, pour éviter de surcharger les contours, représentés sur la *fig.* 2, Pl. IV.

n'est même pas, dans certains cas, exempte de quelque danger.

Le frein adopté au Creusot est disposé de telle façon que lorsque le frottement varie, le serrage varie aussi automatiquement ; si le frottement augmente ou diminue, les mâchoires, en s'inclinant, provoquent une diminution ou une augmentation du serrage.

Voici la disposition fort simple au moyen de laquelle ce résultat est obtenu :

On comprend, de suite, à l'inspection du dessin de la *fig.* 2, que si le grand bras du levier B se relève, le serrage sera diminué, et que si ce bras s'abaisse, le serrage sera augmenté.

Or ce levier B porte un plateau r chargé de poids et s'appuie, par la tige s, sur le ressort u.

Appelons : p les poids du plateau r, π l'effort vertical du ressort, λ et λ' les distances à l'axe 0 des points d'application des forces p et π, le levier B étant horizontal.

Le serrage est provoqué par la résultante des deux forces p et π, ou des deux forces $p\,\frac{\lambda}{\lambda'}$ et π, en supposant la force p transportée au même point d'application que la force π. L'effort réel provoquant le serrage est donc $p\,\frac{\lambda}{\lambda'} - \pi$.

C'est-à-dire que si π augmente, le serrage diminue, et que si π diminue, le serrage augmente.

Supposons que le frein étant horizontal, les frottements augmentent, les mâchoires tendront à être entraînées dans le sens du mouvement de rotation de l'arbre, mais alors le bras du levier B s'abaissera en même temps que les mâchoires, l'effort π du ressort croîtra, et comme nous venons de le voir, le serrage sera diminué.

Si, au contraire, le frottement est trop faible, le frein

entrainé par les poids du grand plateau R tournera en sens contraire du mouvement de l'arbre, le bras du levier B s'élèvera, l'effort π diminuera, et le serrage augmentera.

La tension du ressort peut varier depuis zéro jusqu'à être égale à $p\frac{\lambda}{\lambda'}$; l'effort du serrage peut donc varier depuis $p\frac{\lambda}{\lambda'}$ jusqu'à zéro, c'est-à-dire entre des limites étendues, si $p\frac{\lambda}{\lambda'}$ a une valeur importante.

En prenant un ressort assez énergique, un bras de levier B assez long (*), on aura, pour de très faibles variations dans l'inclinaison des mâchoires, une variation notable dans le serrage, c'est-à-dire que le frein se maintiendra sensiblement horizontal.

De même, on pourra faire varier, dans des limites assez étendues, les poids p ajoutés dans le plateau r (**), sans que le bras du levier B, et par suite les mâchoires du frein, s'écartent de la position horizontale d'une manière importante.

Nous allons montrer immédiatement quelles sont les conséquences qui découlent de ces propriétés.

Supposons le frein en équilibre et horizontal, la machine étant réglée à une vitesse déterminée :

Soient P les poids du grand plateau, p ceux du petit

(*) Les dimensions du levier du frein qui a servi aux essais étaient les suivantes :

Distance de l'axe O au point d'attache de la bielle b.			0,20
Id.	id.	du plateau r.	1,80
Id.	id.	de la tige s. .	2,25

(**) Les poids p mis dans le plateau r ont pu sans inconvénient varier dans les essais, de 80 à 330 kilog. ; la tension du ressort (π) a varié elle-même de 10 à 100 kilog.

plateau, π l'effort du ressort, et ΣF l'ensemble des frottements que les mâchoires exercent sur la poulie.

Appelons aussi r le rayon de la poulie, L, l, l' les distances, par rapport à l'axe de la poulie, des forces verticales P, p et π.

Le frein étant en équilibre sous l'action des forces P, p, π et ΣF (en négligeant pour le moment le poids du frein lui-même) le moment de ces forces par rapport à un axe fixe, celui de la poulie, par exemple, est égal à zéro.

On a donc :

$$PL - pl + \pi l' - \Sigma F r = 0,$$

ou

$$PL - pl + \pi l' = r \Sigma F. \qquad (1)$$

Si ΣF varie dans des limites restreintes, la valeur de π variera, sans que le frein cesse d'être à peu près horizontal, c'est-à-dire que les valeurs de L, l et l' resteront sensiblement les mêmes. A de nouveaux frottements $\Sigma F'$ répondra l'équation :

$$PL - pl + \pi' l' = r \Sigma F'.$$

Il suffira donc, pour avoir la valeur moyenne de ΣF pendant un essai, de relever la moyenne des valeurs de π, qu'on portera dans l'équation (1), et cette dernière permettra alors de calculer ΣF.

Il est évident que ces résultats supposent que les frottements varient peu ; c'est d'ailleurs le résultat auquel on arrive dans les essais bien conduits, en réglant convenablement l'arrosage de la poulie et des mâchoires.

On avait tout d'abord, dans les premiers freins employés au Creusot, muni les mâchoires d'arcs circulaires, sur lesquels s'enroulait la chaîne du grand plateau ; le moment des poids de ce plateau restait constant, quand bien même les mâchoires n'étaient plus horizontales.

On a supprimé cette disposition, parce que, comme

nous venons de le mentionner, on parvenait facilement à maintenir les mâchoires sensiblement horizontales.

Le frein adopté présente donc sur celui de Prony les avantages suivants :

1° Serrage facile; il suffit d'ajouter ou de retrancher des poids dans le plateau *r*;

2° Le frein étant en équilibre et horizontal, toute variation de frottement a pour effet de modifier immédiatement le serrage, et de rétablir l'équilibre; seulement l'horizontalité du frein n'existe plus.

Toutefois, pour de faibles variations dans le frottement, le frein ne cessera pas d'être sensiblement horizontal, et il suffira, pour calculer la moyenne des frottements, de relever la moyenne des efforts du ressort.

Ce dernier a donc été taré avec soin, et muni d'un curseur se mouvant devant une règle graduée. La lecture des indications de ce curseur donnait, à tout instant, la tension du ressort.

Il reste à décrire comment il a été opéré pour mesurer le travail effectif.

Il a fallu tout d'abord procéder au tarage de l'appareil.

2° *Tarage du frein.* — Nous n'avons pas en effet tenu compte, dans les équations précédentes, du poids du frein, lequel ne saurait être négligé.

Pour effectuer le tarage, on a monté complètement le frein, après avoir remplacé la poulie en fonte, calée sur l'arbre, par une pièce de bois traversée, en son axe, par une tige reposant sur deux tréteaux faisant l'office de couteaux. On a apprécié alors quel poids il fallait mettre dans le grand plateau R pour maintenir les mâchoires horizontales.

3° *Conduite d'un essai.* — Voici comment on procède

pour la conduite d'un essai. On soulève le levier de serrage, et on met la machine en marche; on laisse retomber le levier, et on charge de poids le grand plateau; le frein se soulève et la mâchoire inférieure vient buter contre la traverse N', on met ensuite des poids sur le petit plateau, jusqu'à ce que les mâchoires deviennent horizontales.

Si la vitesse de la machine est trop considérable, on augmente le frottement en ajoutant des poids sur le petit plateau, le frein s'incline alors par l'effet de cette surcharge; on le relève horizontalement en augmentant les poids du grand plateau.

Si, au contraire, on obtient une vitesse trop faible, on décharge d'abord le petit plateau, puis le grand.

On arrive ainsi, par tâtonnements, à avoir la vitesse voulue, le frein étant horizontal.

Le frottement échauffe les surfaces et augmente les frottements; on obvie à cet inconvénient par un arrosage approprié, au moyen des robinets i, i.

4° *Calcul du travail effectif.* — On parvenait très bien, par les moyens indiqués ci-dessus, à régler la vitesse de la machine, le frein étant horizontal, et la tension du ressort, ou autrement dit la valeur de π, ne subissant que de faibles oscillations de part et d'autre d'une valeur moyenne, pendant les quelques minutes nécessaires au relevé des diagrammes (*).

Le travail effectif se calculait aisément comme il suit.

(*) La vitesse de la machine doit être également bien uniforme pendant la durée de l'essai afin qu'une partie de l'effort exercé sur le piston ne se transforme pas en augmentation de force vive, et que le travail du frottement soit rigoureusement égal à celui de la machine.

Il est égal à celui du frottement.

Le travail du frottement par seconde et en kilogrammètres $= \Sigma F\,\omega r$ (ω étant la vitesse angulaire) ou $= \omega r \Sigma F$.

Or, nous avons déjà établi plus haut l'équation

$$r\Sigma F = PL - pl + \pi l'.$$

Le travail est donc égal à :

$$\omega(PL - pl + \pi l').$$

En désignant par n le nombre de tours par minute, et évaluant Te en chevaux vapeur, on aura :

$$Te = \frac{2\pi n}{60 \times 75}(PL - pl + \pi l').$$

Dans cette formule, P représente en kilos la charge du grand plateau diminuée de la tare du frein; p est la charge du petit plateau, et π est la tension du ressort mesurée comme il a été dit ci-dessus.

5° *Résultats obtenus.* — On a fait fonctionner la machine avec ou sans condenseur à diverses pressions et avec diverses détentes. On a obtenu ainsi les résultats consignés dans le tableau suivant :

NUMÉROS des essais.	ADMISSION moyenne en centièmes de course.	PRESSION moyenne au début de l'admission.	NOMBRE de tours par minute.	TRAVAUX en chevaux. Travail indiqué sur le piston.	Travail effectif sur l'arbre.	OBSERVATIONS.
Marche avec condensation.						
1	0,039	0,64	64.0	27.8	16,3	
2	0,044	2,40	68,5	60,0	37,6	
3	0,044	2.90	65,0	67,2	45,2	
4	0 065	4,90	64,0	117,0	88.7	
5	0,065	6,20	61.0	138,5	106.3	
6	0,065	7,10	64 0	163,2	129,2	
7	0,065	7,60	64,0	185,0	144,6	
8	0,100	0,16	58,0	21,0	10.6	
9	0,106	1,55	60,0	61,9	42,3	
10	0,100	2,82	57 3	82,7	61,0	
11	0,096	4,80	58,3	135,3	106.7	
12	0,128	4,82	58,3	154,5	121,8	
13	0,142	0,76	62,0	42.3	28.4	
14	0,137	0,71	60,6	44.3	28,7	
15	0,132	2,50	54,0	79,5	59,8	
16	0,147	2.60	61,6	100,0	78,2	
17	0,155	4,65	60.0	177,2	145,0	
18	0,167	0,22	61,0	40.2	27.9	
19	0,197	2,55	57,2	110.8	83,3	
20	0,273	0,40	62,3	50,2	33.8	
21	0,264	1,57	63,3	89,1	61.8	
22	0,240	1,64	62,0	87,2	63,1	
23	0,245	3,25	56,0	145,0	116.0	
24	0,260	4,76	58,0	209,4	178,0	
25	0.335	0.25	59,0	47,2	32,5	
26	0,339	1,94	58,3	111,7	90,0	
27	0,338	2,97	61,0	161,8	133.0	
28	admission pendant toute la course.	0,47	59,3	81,3	67,2	
29		0,47	61,0	80,8	67,9	
30		1,60	61,6	148,5	128,4	
31		2,70	61.5	216,5	191,0	
32		2,70	61,5	215,5	191,0	
33	0,50	0,70	»	15,8	0,0	Marche à vide, frein desserré.
Marche sans condensation.						
34	0,120	6,00	60,0	132,5	107,5	
35	0,106	7,00	53,0	125,0	103,0	
36	0,120	7,50	62,0	172,0	148,0	
37	0,150	4,57	55,0	102,3	86,5	
38	0,262	4.50	59,0	149,2	132,3	
39	0,293	4,55	59,0	171.8	153,8	
40	0,371	4,40	60,0	195,3	177,2	
41	0,348	2.75	58,0	85,1	73,1	
42	0,348	2,75	58,5	84,8	71.1	
43	0,440	3,48	62,0	151,0	134,3	
44	0,111	3.30	»	12,8	0,0	
45	0,50	1,20	»	12,3	0,0	Marche à vide, le frein étant desserré.
46	admission pendant toute la course.	0,50	»	10,45	0,0	

Ces divers résultats ont été représentés graphiquement. (Voir *fig.* 3, Pl. IV).

L'examen de ce diagramme démontre :

1° Que pour la marche à condensation on peut, sans grande erreur, considérer les divers points comme étant situés sur la ligne droite AB, et par suite adopter très approximativement, dans les usages courants de la pratique, comme relation entre le travail effectif T*e* et le travail indiqué T*i*, la relation du premier degré :

$$Te = -\alpha + \beta Ti,$$

Pour la machine considérée, cette formule deviendrait :

$$Te = -16 + 0{,}902\,Ti.$$

2° Dans la marche sans condensation, les divers points peuvent également être considérés comme étant approximativement sur la ligne droite CD; de telle sorte que la relation entre T*e* et T*i* serait donnée, pour la machine Corliss, par la formule

$$Te = -12 + 0{,}945\,Ti.$$

Les deux droites AB et CD ne sont pas parallèles, leur écartement va en augmentant; cette circonstance tient à ce que l'effort absorbé par la pompe à air augmente avec la quantité de vapeur consommée, laquelle croît, en moyenne, avec le travail produit.

3° Si on examine plus attentivement le diagramme, on reconnaît que tous les points qui répondent à une même pression sont situés sur des lignes qui ne sont pas parallèles aux droites AB et CD.

Ainsi, les lignes droites MN et M'N' peuvent être considérées comme donnant, dans les limites des expériences, les travaux effectifs pour les pressions respectives de $2^k,50$ et de 5 kilogrammes avec marche à condensation.

Nous n'avons pas assez d'expériences aux autres pressions, pour tracer les lignes qui leur correspondent, mais on reconnaît, à l'inspection du diagramme, que ces lignes seraient situées les unes au-dessus des autres, et d'autant plus distantes de l'axe horizontal, que les pressions auxquelles elles correspondent sont plus faibles (*).

En un mot, pour un même travail indiqué, le travail effectif sera, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant plus fort que la pression de marche sera moins élevée.

Ce résultat n'a rien que de naturel; les frottements des obturateurs, les vibrations tenant aux variations des efforts exercés, etc., sont d'autant moindres que la pression de marche est plus faible.

Pour les pressions de $2^k,50$ et de 5 kilogrammes avec condensation, les droites MN et M'N' auraient les équations suivantes :

$$2^k,50 - Te = -22 + 0,99 Ti,$$
$$5^k,00 - Te = -26 + 0,98 Ti.$$

Mais ces équations ne sauraient s'appliquer que dans des limites des essais opérés; elles ne seraient plus exactes lorsque T*i* serait peu important. Elles conduiraient, en effet, à admettre, pour la marche à vide, aux pressions de 5 kilogrammes et de $2^k,50$, des travaux indiqués de 26 chevaux et de 22 chevaux, chiffres trop élevés. Il est donc probable que la relation entre T*e* et T*i* ne peut plus être représentée par une équation de premier degré pour les faibles valeurs de T*i*. En un mot, les droites MN et M'N' se prolongeraient, vers leur partie inférieure, par des courbes légèrement concaves du côté de l'axe des ordonnées.

(*) Il y a évidemment lieu de tenir compte de ce que les résultats des essais ne peuvent avoir une précision mathématique; aussi quelques points paraissent-ils s'écarter de la règle générale posée ci-dessus.

En résumé, la relation admise entre le travail indiqué et le travail effectif :

$$Te = -\alpha + \beta Ti.$$

peut être considéré comme suffisamment exacte pour la pratique courante. Mais, si on recherchait une exactitude plus grande, il faudrait faire varier α et β avec la pression de marche, et même ne plus admettre, pour les faibles valeurs de Ti, une relation du premier degré.

Inutile d'ajouter que les coefficients α et β doivent certainement différer suivant les machines, et probablement aussi, pour une même machine, avec la vitesse du piston.

IV. — Essais de consommation de vapeur.

Ces essais ont eu pour but de mesurer le nombre de kilogrammes de vapeur consommés par la machine, dans les diverses conditions de marche qui seront indiquées ci-dessous :

On avait commencé par s'assurer que les obturateurs et le piston ne donnaient pas lieu à des fuites de vapeur; nous avons vérifié nous-mêmes, qu'en enlevant le fond arrière du cylindre, et faisant alors marcher la machine à simple effet, le piston ne perdait pas et que l'obturateur d'arrière, bien que pressé par la vapeur, ne laissait passer qu'un suintement d'eau insignifiant.

Nous avons déjà fait connaître comment la possibilité de mettre la machine en marche, au moyen de vapeur empruntée à la conduite générale des ateliers, avait permis d'éviter des erreurs dans le repérage du niveau de l'eau de la chaudière, au début des opérations.

1° *Conduite d'un essai.* — Voici, en résumé, comment on opérait pour la conduite d'un essai :

La machine était mise en mouvement, le frein étant desserré, avec la vapeur de la conduite générale; puis on agissait sur le régulateur et sur le frein, de manière à avoir l'admission désirée et la vitesse moyenne de soixante tours par minute. Le régulateur était calé, une fois la machine réglée.

La chaudière d'essai étant à la pression voulue, on repérait le niveau de l'eau dans le tube indicateur; si ce niveau oscillait un peu, on calmait l'agitation en alimentant.

A un signal donné, quatre opérateurs exécutaient simultanément les manœuvres suivantes :

Fermeture de la soupape de prise de vapeur S, sur la conduite générale;

Ouverture de la soupape de vapeur S_1 sur la chaudière d'essai;

Relevé des indications du compteur de tours;

Serrage ou desserrage du frein, suivant que la pression de la vapeur de la chaudière était supérieure ou inférieure à celle de la vapeur de la conduite générale.

On repérait également ensuite, avec un flotteur, le niveau de l'eau dans la bâche d'alimentation E_1, et on notait le volume de l'eau contenue dans la bâche de mesurage E.

Pendant l'essai, on alimentait d'une manière continue avec le petit injecteur Giffard; si à un moment donné l'alimentation était insuffisante, on faisait usage du gros injecteur.

Lorsque la provision d'eau de la bâche E_1 devenait insuffisante, on y introduisait de l'eau de la bâche E.

On relevait des diagrammes toutes les cinq minutes à l'avant et à l'arrière, et on laissait, durant cette intervalle, le crayon marquer d'une manière continue; on traçait ensuite sur chaque feuille le diagramme moyen.

Un opérateur était en permanence installé près du

frein, de manière à maintenir aussi constante que possible la vitesse de la machine (*). Nous avons déjà donné, au sujet du frein, toutes les indications utiles, il est donc superflu d'y revenir.

Nous dirons seulement que cet appareil, grâce au serrage automatique, était d'un emploi très commode.

Dès qu'il survenait un changement dans les frottements des mâchoires, le frein s'inclinait, et il se produisait immédiatement un serrage ou un desserrage; la vitesse variait un peu, mais on arrivait, en réglant l'arrosage, à lui rendre sa valeur primitive.

On n'était obligé d'agir sur les poids du plateau de serrage, que lorsqu'il y avait, par suite des différences de pression de la vapeur admise, des modifications notables dans le travail effectué.

Inutile d'ajouter que, pour les expériences de consommation, l'horizontalité des mâchoires n'était nullement nécessaire.

Lorsque l'essai avait duré environ une heure, on l'arrêtait. On exécutait alors, à un signal donné, les opérations suivantes :

Fermeture de la soupape régulatrice de la machine;

Relevé du nombre de tours du compteur Deschiens. On fermait également la soupape de prise de vapeur de la chaudière, pour intercepter plus sûrement toute communication entre cette dernière et le cylindre.

La machine s'arrêtait bientôt par l'effet du frein.

On alimentait ensuite la chaudière de manière à ramener l'eau à son niveau primitif; l'emploi simultané des

---

(*) Une variation de vitesse a surtout le grave inconvénient de modifier l'admission; cette dernière augmente lorsque la vitesse croît et diminue quand la vitesse décroît; la fermeture des obturateurs d'introduction exige en effet un temps qui est constant, quelle que soit la vitesse du piston.

deux injecteurs permettait d'arriver rapidement à ce résultat.

On faisait écouler l'eau de la bâche E dans la bâche E_1, jusqu'à ce que, dans cette dernière, le flotteur revînt au point de départ. On lisait alors, sur l'échelle graduée de la bâche E, de combien le niveau de l'eau s'était abaissé, et on en déduisait le volume dépensé.

Le calcul des diagrammes au planimètre Amsler permettait, étant connu le nombre de tours de la machine, d'obtenir le travail indiqué sur le piston.

Les résultats fournis par les essais de rendement permettaient de calculer le travail effectif(*).

On en déduisait alors le nombre de kilogrammes d'eau fournis par la chaudière par heure et par cheval, soit indiqué, soit effectif.

2° *Résultats obtenus.* — On a fait fonctionner la machine dans les conditions les plus diverses, en faisant varier les pressions de la vapeur, les admissions, en faisant usage ou non du condenseur et de l'enveloppe. Voici les résultats auxquels on est arrivé :

(*) Ces calculs ont été faits, non d'après les formules approximatives que nous avons indiquées plus haut, mais par interpolation, les formules exactes n'ayant pu être établies que pour deux pressions de marche seulement (5 kilog. et $2^k,50$).

Marche à condensation, sans enveloppe de vapeur, à différentes pressions, et avec différentes détentes.

Numéros des essais.	Durée des essais en minutes.	Pression de la vapeur au début de l'admission (d'après les diagrammes).	Admission en centièmes de course.	Vide au condenseur (en centimètres du mercure).	Nombre de tours par minute.	TRAVAIL en chevaux — indiqué sur le piston.	TRAVAIL en chevaux — effectif sur l'arbre.	CONSOMMATION de vapeur en kilogrammes — pendant l'essai.	CONSOMMATION — par cheval indiqué par heure.	CONSOMMATION — par cheval effectif et par heure.	OBSERVATIONS.
Pression effective moyenne à la chaudière 7k,75.											
1	60	6,775	0,04	69	60,0	110,4	84,5	1.146	10,40	13,60	
2	105	6,947	0,06	69	58,6	130,3	101,8	2.271	9,95	12,75	Vitesse peu constante.
3	75	7,027	0,09	68.5	59,4	163,0	130,4	1.952	9,58	11,97	
4	36	6,970	0,125	68,5	57,7	189,0	154,0	1.115	9,84	12,07	Vitesse peu constante.
Pression effective moyenne à la chaudière 6k,25.											
5	120	5,610	0,075	69	59,8	127,8	98,7	2.426	9,48	12.29	
6	100	5.700	0,083	69,5	59.3	136.0	106,1	2.132	9,42	12,11	
7	90	5,633	0,105	69	59.8	152,0	120,2	2.121	9,30	11,73	
8	55,5	6,015	0,140	69	58.0	177.0	145,0	1.455	8,90	10,81	
9	50	5,960	0,180	67.5	59,1	197,0	163,4	1.500	9,14	11,00	
Pression effective moyenne à la chaudière 4k,50.											
10	91	4,250	0,059	71	58,3	86,5	62,0	1.200	9,13	12,58	
11	90	3,925	0,090	70	59,5	116,2	89,5	1.488	8,54	11,09	
12	75	4,300	0,155	70,5	59,0	151,8	123,0	1.535	8,08	9,97	
13	75	4,100	0,227	70	58,3	174,0	145,8	1.790	8,22	9,82	
14	31	4,300	0,250	69	59,2	188,2	158,5	820	8,43	10,01	
Pression effective moyenne à la chaudière 3k,50.											
15	70	3,165	0,060	71	60,7	76,6	52,8	826	9.24	13,40	
16	80	3,440	0,095	71,5	58,8	95,6	71,2	1.105	8,66	11,62	
17	111	3,370	0,150	70	60,4	121,8	96,1	1 891	8,40	10 63	
18	54	3,360	0,210	70	58,8	142,0	124,4	1.086	8,50	10,64	
19	55	3,348	0,290	69	59,4	167,7	135,8	1.360	8,85	10,92	
Pression effective moyenne à la chaudière 2k,50.											
20	85	2,33	0,182	70,5	60,3	107,0	80,3	1.387	9,15	12,18	
21	68	2,44	0,430	67,5	61,1	162,7	134,2	1.876	10,17	12,32	
22	42,5	2,55	0,567	66	61,0	183,7	154,0	1.462	11,30	13,40	
23	20	2,23	admission pendant toute la course	64	60,0	184,5	161,7	987	16,05	18,33	Difficile de maintenir la pression à la chaudière.

Nota. — On n'a pas, aux pressions élevées, fait, pour ces essais et ceux qui seront indiqués plus loin, usage de grandes admissions, parce que le travail développé eût été trop considérable, et qu'on n'aurait pu, avec le frein, maintenir la vitesse moyenne de 60 tours par minute.

Les pressions de 7k,75, 6k,25, 4k,50, etc., indiquées dans ce tableau et les suivants, sont celles qu'on cherchait à obtenir à la chaudière. Mais des variations étaient inévitables, et la colonne 3 fait connaître quelles étaient, dans chaque essai, les pressions réelles dans le cylindre au début de l'admission.

Marche à condensation, avec enveloppe de vapeur, à différentes pressions, et avec différentes détentes.

Numéros des essais.	Durée des essais en minutes.	Pression de la vapeur au début de l'admission (d'après les diagrammes).	Admissions en centièmes de course.	Vide au condenseur (en centimètres de mercure).	Nombre de tours par minute.	TRAVAIL en chevaux		CONSOMMATION de vapeur en kilogrammes			POIDS D'EAU condensée dans l'enveloppe		OBSERVATIONS.
						indiqué.	effectif.	pendant l'essai.	par cheval indiqué et par heure	par cheval effectif et par heure.	pendant l'essai. Kg.	par kilogr. de vapeur consommée.	
						Pression effective moyenne à la chaudière $7^k,75$.							
24	73	7,31	0,055	69,5	58.8	143,4	112,7	1.330	7,63	9.72	Pas mesurés	»	(1)
25	55	7,20	0,067	69,0	61,5	161,7	128,5	1.103	7,45	9,37		»	(1)
26	80	7,30	0,067	69,5	59,9	157,0	124,8	1.541	7,38	9,27	45	0,029	
27	39	7,40	0,125	68,0	58,1	215,0	177,4	1.100	7,87	9,53	35	0,032	(2)
						Pression effective moyenne à la chaudière $6^k,25$.							
28	94	5,98	0,050	69,5	59,6	114,0	85,6	1.412	7,90	10,53	43	0,030	
29	102	5,86	0,055	70,0	59,6	125,5	95,5	1.657	7,75	10 22	52	0,031	
30	40	5,91	0,115	69,0	59,4	178,6	143,9	897	7,55	9,38	11	0,122	
31	40	5,91	0,140	68,5	60,0	195,7	160,4	1.021	7,83	9,56	15	0,015	
						Pression effective moyenne à la chaudière $4^k,50$.							
32	115	4,21	0,060	70,5	59,9	93,0	69,8	1.457	8,27	11,02	37	0,025	
33	92	4,21	0,090	69,5	59,6	119,0	92,2	1.439	7,87	10,15	»	»	
34	90	4,28	0,155	69,0	58,8	151,6	122,7	1.765	7,76	9,58	32	0.018	
35	71	4,35	0,200	68,0	59,1	177,2	148,0	1.655	7,90	9,47	25	0,015	
36	50	4,38	0,250	67,0	59,0	196,7	166,2	1.357	8,30	9,80	22	0,016	
						Pression effective moyenne à la chaudière $3^k,50$.							
37	98	3,22	0,050	71,0	60,3	69,8	47,8	955	8,63	12,60	25	0,026	
38	63	3,63	0,100	70,0	57,6	96,8	73,1	841	8,27	10,95	19	0,023	
39	60	3,45	0.143	71,5	59,7	121,9	96,2	992	8.13	10,31	14	0,014	
40	74	3,42	0,220	70,5	60,1	153,8	124,5	1.603	8,46	10,43	23,5	0,014	
41	50	3,53	0,290	68,0	59,5	181,0	148,5	1.327	8,80	10,72	16	0,012	
						Pression effective moyenne à la chaudière $2^k,50$.							
42	73	2,25	0,190	70,0	60,7	112,7	84,5	1.213	8,85	11,80	19	0,016	
43	80	2,32	0,420	67,5	61,9	164,2	135,4	2.166	9,88	11,98	24	0,011	
44	40	2,47	0,580	66,0	61,1	182,5	155,0	1.382	11,37	13,36	8,5	0,006	
45	25	2,44	Admission pendant toute la course	64,0	60,4	201,3	177,0	1.238	14,77	16,80	2,5	0,002	(3)

(1) Vitesse un peu variable.
(2) Vitesse variable.
(3) Pression difficile à maintenir à la chaudière.

Marche sans condensation, sans enveloppe de vapeur, à différentes pressions, et avec différentes détentes.

Numéros des essais.	DURÉE des essais en minutes.	PRESSION au début de l'admission (d'après les diagrammes).	ADMISSIONS en centièmes de course.	NOMBRE de tours par minute.	TRAVAUX en chevaux-vapeur		CONSOMMATION de vapeur en kilogrammes			OBSERVATIONS.
					indiqué.	effectif.	pendant l'essai.	par cheval indiqué et par heure.	par cheval effectif et par heure.	
Pression effective moyenne à la chaudière $7^k,75$.										
46	78	6,77	0,130	61,7	149,5	127,0	2 466	12,7	14,94	Vitesse un peu variable.
47	55	7,04	0,170	61,4	184,0	161,9	2.024	12,0	13,63	
48	25	7,17	0,200	63,6	220,0	196,7	1.059	11,55	12,91	
Pression effective moyenne à la chaudière $5^k,50$.										
49	66	5,18	0,155	62,0	123,0	104,6	1.670	12,34	14,53	Consommation un peu trop forte. des fuites s'etant produites à la chaudière.
50	60	5,41	0,180	60,9	137,8	119,9	1.645	11,95	13,73	
51	60	5,39	0,245	60,0	180,4	161,3	1 987	11,00	12,29	
52	30	5,45	0,320	60,6	212,0	193,0	1.148	10,82	11,90	
Pression effective moyenne à la chaudière $3^k,50$.										
53	71	3,57	0,245	61,4	109.6	95,8	1.586	12,20	13,93	
54	70	3,60	0,370	61,1	149,0	133,3	2.117	12,17	13,60	
55	50	3,55	0,580	60,9	175,7	160,0	1.976	13,50	14,83	Pression variable.
56	25	2,45	Pendant toute la course	60,6	147,0	136,6	1 282	20,95	22,50	Pression difficile à maintenir à la chaudière.

Nota. — On n'a pas fait d'essais avec des admissious aussi faibles que dans la marche avec condensation; avec des introductions inférieures à celles inscrites ci-dessus, la pression à la fin de la détente eût été inférieure à la pression atmosphérique.

Marche sans condensation, avec enveloppe de vapeur à différentes pressions, et avec différentes détentes.

Numéros des essais.	Durée des essais en minutes.	Pression de la vapeur au début de l'admission (d'après les diagrammes).	Admission en centièmes de course.	Nombre de tours par minute.	TRAVAIL en chevaux		CONSOMMATION de vapeur en kilogrammes			POIDS D'EAU CONDENSÉE dans l'enveloppe		OBSERVATIONS.
					indiqué.	effectif.	pendant l'essai. Kg.	par cheval indiqué et par heure.	par cheval effectif et par heure.	pendant l'essai. Kg.	par kilogramme de vapeur consommée.	
Pression effective moyenne à la chaudière $7^k,75$.												
57	80	6,90	0,110	60,8	145,0	122,6	1.973	10,20	12,07	50	0,025	
58	60	7,30	0,130	62.0	180,0	154,7	1.779	9,90	11,50	60	0.034	
59	36	7,24	0,160	62,0	197,0	173,3	1.187	10,00	11,36	37	0,031	
60	30	7,28	0,200	62,7	240,0	214,5	1.154	9,62	10,74	28	0,020	
Pression effective moyenne à la chaudière $5^k,50$.												
61	70	5,41	0,165	61,1	139,0	118,8	1.715	10,58	12,37	29	0,017	Vitesse un peu variable.
62	50	5,33	0,235	61,6	182.5	163,2	1.481	9,75	10,88	18	0,012	
63	30	5,48	0,300	60,5	207,0	188,5	1.017	9,82	10,80	13	0,013	
Pression effective moyenne à la chaudière $3^k,50$.												
64	70	3,70	0,230	60,5	109,5	95,8	1.448	11,32	12,94	22	0,015	
65	60	3,64	0,340	60.5	143,5	127,8	1.617	11,28	12,64	18	0,011	
66	50	3,25	0,580	60,3	170,8	154,5	2 298	12,86	14,20	14	0,007	Press. variable.
67	30	2,37	Pendant toute la course	61,1	149,5	139,0	3.096	20,70	22,25	4	0,0026	Pression difficile à maintenir à la chaudière.

3° *Essais avec compression.* — Enfin, il y a lieu de classer dans la même série des expériences faites avec compression de la vapeur dans les espaces morts (*).

M. Zeuner a démontré depuis longtemps que « lorsque, dans une machine, on fait continuer la compression de la vapeur qui se trouve derrière le piston, jusqu'à ce que le mélange renfermé dans l'espace nuisible atteigne la pression d'admission, la machine se comporte comme une machine sans espace nuisible, dans laquelle l'échappement de la vapeur se ferait pendant toute la durée du coup de piston (**). »

La compression de la vapeur, à fin de course, dans les espaces nuisibles est donc avantageuse, et d'autant plus, que la pression se rapproche davantage de celle de l'admission (***).

Mais la compression n'est évidemment réalisable que dans les machines sans condenseur; dans les autres, il serait impossible pratiquement, vu le grand abaissement de la pression d'échappement, de restituer à cette dernière, par compression, une valeur notable.

Dans la machine Corliss on est limité également, dans le degré de compression, par le mécanisme de distribution. Une fermeture anticipée des obturateurs d'émission entraîne comme conséquence une diminution du maximum d'admission.

On a, dans les essais opérés, obtenu, en modifiant le réglage des tiges de distribution, une compression faisant remonter approximativement la pression finale à $2^k,50$.

L'obturateur d'émission était fermé lorsque le piston

(*) Dans les essais précités il n'y avait pas de compression appréciable.

(**) Ouvrage cité, p. 534.

(***) Elle a encore un autre avantage, que nous mentionnons incidemment, celui de diminuer les chocs aux points morts.

avait encore à parcourir environ 7 p. 100 de sa course totale.

On a fait trois essais, deux avec une pression de marche de 3^{k},50, et le troisième avec une pression de 5^{k},50 (ce dernier avec enveloppe de vapeur). On a obtenu les résultats suivants :

Numéros des essais.	Durée des essais.	Pression au début de l'admission (d'après les diagrammes).	Admission en centièmes de course.	Nombre de tours par minute.	Travail en chevaux		Consommation de vapeur en kilogrammes			Poids d'eau condensée dans l'enveloppe	
					indiqué.	effectif.	pendant l'essai.	par cheval indiqué et par heure.	par cheval effectif et par heure.	pendant l'essai. Kg.	par kilogramme de vapeur consommée.
Pression effective à la chaudière 3^{k},50.											
68	85	3,70	0,240	60,1	110,0	96,2	1.789	11,47	13,1	»	»
69	75	3,72	0,375	59,7	142,0	127,0	2.058	11,45	12,8	»	»
Pression effective à la chaudière 5^{k},50.											
70	50	5,51	0,230	60,0	172,5	155,2	1.362	9,48	10,5	25	0,018

Nous présenterons tout de suite, pour n'avoir pas à y revenir, l'observation suivante :

La comparaison des essais 53 et 68, qui correspondent à la même admission, montre qu'à la pression de marche de 3^{k},50, la compression entraîne, dans les poids de vapeur dépensée par travail indiqué, une économie de (12^{k},20 — 11^{k},47) = 0^{k},73, soit 6 p. 100.

La comparaison des essais 62 et 70 conduit, en faveur de la compression, à une économie de (9^{k},75—9^{k}48) = 0^{k},27, soit seulement 2,77 p. 100.

Ces essais confirment donc les considérations que nous avons présentées ci-dessus, c'est-à-dire que la compression est d'autant plus avantageuse que la tension de la vapeur, dans les espaces nuisibles, est plus voisine de celle de la vapeur admise.

4° *Observations générales sur les essais. Vérification.* — Dans les expériences analogues, effectuées par M. Hirn et ses collaborateurs, les résultats étaient généralement vérifiés à l'aide du condenseur. D'après les principes de la théorie mécanique de la chaleur, les calories fournies par la chaudière à la machine sont utilisées comme il suit, en négligeant les pertes par refroidissement extérieur (*) :

Une partie se transforme en travail, le surplus va au condenseur et réchauffe l'eau de condensation.

Appelons, en conservant les notations habituelles de M. Zeuner : M_1 le poids de vapeur à la pression p_1, et à la température t_1, fourni par la chaudière pendant la durée de l'essai. Si la vapeur est humide, soit x le poids de vapeur sèche contenue dans un kilogramme du mélange;

λ_1 la chaleur totale nécessaire pour transformer un kilogramme d'eau, pris à zéro degré, en vapeur saturée, à la pression p_1, et à la température t_1;

q, la chaleur du liquide, c'est-à-dire le nombre de calories nécessaire pour porter un kilo d'eau de zéro à $t°$;

L, le travail effectué transformé en calories (1 calorie pour 424 kilogrammètres);

M_2, le poids d'eau injecté dans le condenseur pendant l'essai;

t_2, la température de cette eau d'injection;

t_3, la température de l'eau rejetée du condenseur.

La chaudière aura fourni un poids de vapeur égal à $M_1 x$ et un poids d'eau égal à M_1 $(1 - x)$, et par suite un nombre de calories égal à $M_1 x \lambda_1 + M_1 (1 - x) q_1$.

Il a été injecté dans le condenseur M_2 kilos d'eau à t_2

(*) La machine Corliss essayée étant munie d'une enveloppe isolante pleine d'air, on peut vraisemblablement laisser de côté, comme étant très faibles, les pertes dues au refroidissement extérieur.

degrés, et la chaudière a fourni M_1 kilos de vapeur et d'eau; le mélange avait pour température finale t_3; il est donc passé au condenseur $[(M_1 + M_2)q_3 - M_2q_2]$ calories. L calories ont été, en outre, transformées en travail; on a alors, d'après les principes fondamentaux de la théorie mécanique de la chaleur :

$$M_1x\lambda_1 + M_1(1 - x)q_1 = L + (M_1 + M_2)q_3 - M_2q_2. \quad (2)$$

Si donc on connaît, par des expériences préalables, la proportion $1 - x$ d'eau entraînée, on pourra, au moyen des résultats fournis par les essais, calculer les deux termes de l'équation ci-dessus, et vérifier qu'ils sont égaux; on en conclura que les essais ne sont pas entachés d'erreurs.

Inversement, si on suppose les essais exacts, on pourra se servir de cette même équation pour calculer la valeur de $1 - x$.

On peut écrire en effet

$$1 - x = \frac{M_1(\lambda_1 - q_3) - M_2(q_3 - q_2) - L}{M_1(\lambda_1 - q_1)}, \quad (3)$$

Pour deux essais opérés à $7^k,75$ et à $4^k,50$, on a jaugé l'eau de condensation, au moyen d'un compteur Kennedy, et on a relevé toutes les minutes la température de l'eau rejetée du condenseur. Les valeurs de λ_1, de q_1, de q_2 et de q_3 ont été fournies par les tables de Zeuner.

On a obtenu les résultats suivants :

Pression. . . . . $7^k,75 : 1 - x = 0,022,$
Id. . . . . $4^k,50 : 1 - x = 0,023.$

Les proportions d'eau entraînée seraient donc très faibles, circonstance qui s'explique par la longueur du tuyau d'amenée de la vapeur (voir figure 2), et par l'inclinaison donnée à ce tuyau, de façon à ce que l'eau condensée retourne à la chaudière.

Nous ajouterons que la détermination de $1 - x$ pré-

sente de très grosses difficultés, parce qu'elle résulte de la résolution d'une équation, dont beaucoup de termes sont fournis par l'expérience, et ne sauraient être considérés comme rigoureusement exacts.

Aussi, nous croyons qu'il y a lieu de considérer surtout les résultats ci-dessus comme fournissant la preuve que les essais ont été bien opérés, puisque la substitution, dans l'équation n° 3, à M_1 et L des valeurs mesurées, conduit pour $1-x$ à des nombres qui ne sauraient différer beaucoup de la réalité.

Si, pour chaque essai, la vérification par le condenseur n'a pas été faite, cela tient aux difficultés et incertitudes qu'elle présente. D'une part, en effet, il est malaisé de déterminer directement la valeur de $1-x$; d'autre part, la mesure de la température t_2 est délicate à observer; elle varie à chaque instant, parce que le poids de vapeur injectée dans le condenseur subit lui-même des variations incessantes. Ces dernières sont dues aux changements de vitesse du piston, qui ont pour conséquence de modifier, dans la machine Corliss, le degré de l'admission. D'ailleurs, une partie des essais ayant eu lieu avec marche sans condensation, la vérification n'aurait pu s'appliquer à l'ensemble des résultats obtenus.

V. — Conséquences pratiques des essais.

1° *Représentation graphique des résultats.* — Afin de rendre plus clairs les résultats insérés dans les tableaux ci-dessus, nous les avons exprimés graphiquement dans les figures 1 et 2, Pl. V.

Nous avons indiqué les kilogrammes de vapeur dépensés par cheval effectif et par heure.

La figure 1 montre comment ces consommations varient avec les pressions, et avec les détentes.

La figure 2 fait connaître comment elles varient avec les pressions, et avec le travail effectif.

Nous croyons devoir, au sujet de ces diagrammes et de ceux qui seront fournis plus loin, faire observer qu'il ne convient pas d'attacher une importance trop grande à quelques particularités de détail que peuvent présenter les courbes figurées.

Des essais, aussi difficiles et aussi délicats que ceux effectués, ne peuvent donner, dans chaque cas, des résultats mathématiquement exacts; et on risquerait fort d'aboutir à des conclusions erronées, si, au lieu de se borner à chercher dans les diagrammes des lois d'ensemble, on voulait pousser trop loin l'analyse des faits, et porter son attention sur quelques inflexions assez singulières, mais d'importance secondaire, que présentent certaines courbes.

Nous n'avons pas fait figurer, sur les diagrammes, les résultats obtenus dans les essais n°s 23, 45, 56 et 67, de marche à pleine admission; la pression a été, en effet, trop variable, pour que les chiffres de consommations puissent se rapporter à une pression déterminée.

Nous ajouterons encore que, pour la marche avec compression, les essais étant peu nombreux, les courbes tracées ne doivent être acceptées qu'avec réserve; aussi ont-elles été figurées en pointillé.

2° *Conclusions déduites des diagrammes.* — L'inspection de ces diagrammes conduit aux conclusions suivantes, qui ont une importance pratique considérable :

1° Contrairement aux conséquences auxquelles conduit l'étude théorique des moteurs à vapeur, la marche n'est pas d'autant plus économique que la pression de la vapeur est plus élevée, et que la détente est plus grande. (Voir figure n° 1.)

2° Lorsque la pression reste la même et que la détente

augmente, la consommation de vapeur va tout d'abord en diminuant, puis elle s'accroît.

Pour chaque pression existe un minimum de consommation, répondant à un travail et à une détente déterminés; la figure 2 montre que les rayons de courbure dans la région des minima sont généralement assez grands, de telle sorte que les travaux effectifs peuvent varier dans des limites étendues, sans que la consommation de vapeur soit sensiblement modifiée.

Les minima correspondent à des travaux effectifs, plus considérables, dans la marche sans condenseur, que dans celle avec condenseur.

Les figures 1 et 2 font connaître quels sont, pour chaque pression, les détentes et les travaux effectifs qui correspondent au minimum de consommation de vapeur; nous nous dispenserons donc de toute indication complémentaire à cet égard.

3° Pour une même détente et des pressions variables, on a les résultats suivants :

Marche à condensation sans enveloppe. — La consommation de vapeur atteint son maximum pour la pression de $7^k,75$; elle diminue lorsque la pression baisse, atteint son minimum pour la pression $4^k,50$, ou celle de $3^k,50$, suivant que le travail développé est supérieur ou inférieur à cent chevaux; elle augmente ensuite lorsque la pression continue à décroître.

Marche à condensation avec enveloppe. — Pour un travail effectif supérieur à 120 chevaux environ, la consommation est d'autant moindre que la pression est plus élevée; toutefois les consommations pour $7^k,75$, $6^k,25$ et $4^k,50$ offrent très peu d'écarts.

Lorsque le travail effectif devient inférieur à 120 chevaux, les consommations de vapeur tendent à devenir

peu différentes pour les diverses pressions ; c'est celle de 4k,50 qui donne alors la marche la plus économique.

Marche sans condensation avec ou sans enveloppe. — Les diagrammes ne nous paraissent exiger aucun commentaire ; ils montrent nettement que la marche à 5k,50 est généralement la plus économique.

4° L'enveloppe de vapeur réduit les consommations d'autant plus, la détente restant la même, que la pression est plus élevée ; son effet, très important pour la marche à 7k,75, avec condensation, devient très faible pour la marche à 2k,50.

L'économie résultant de l'enveloppe est d'autant plus faible, pour une même pression, que le travail effectif est plus considérable, c'est-à-dire que la détente est plus faible.

Aussi voyons-nous les figures 1 et 2 indiquer que l'enveloppe devient à peu près sans effet, pour la marche à 2k,50, lorsque le travail dépasse 150 chevaux (admission de la vapeur supérieure à 55 p. 100).

5° La marche avec condenseur est plus économique que la marche avec échappement à l'air libre ; ainsi, pour un travail de 150 chevaux, la machine Corliss, munie d'une enveloppe de vapeur, consommerait 9k,20 de vapeur à la pression de 7k,75, lorsque le condenseur fonctionne, tandis que, sans condensation, la consommation serait de 11k,20 de vapeur à 5k,50, et serait encore de 10k,60 avec compression, à fin de course, ramenant à 2k,50 la pression dans les espaces nuisibles (*).

Mais l'avantage du condenseur diminue lorsque le travail augmente ; et il résulte des diagrammes que, pour un

(*) Les chiffres ci-dessus correspondent, comme le montre la figure 2, aux marches les plus économiques, avec et sans condensation.

travail de 175 chevaux, l'écart ne serait plus que d'environ 0k,60 pour les deux marches suivantes : l'une à 7k,75 avec enveloppe et condenseur ; l'autre à 5k,50 avec enveloppe et compression, mais sans condenseur.

Avec un écart aussi faible, l'avantage du condenseur serait, dans ce cas, très discutable.

6° La machine Corliss expérimentée réalise la plus grande économie de vapeur, lorsqu'elle développe de 140 à 150 chevaux.

Elle continue à donner d'excellents résultats lorsque le travail varie de 120 à 170 chevaux.

En deçà et au delà de ces limites, la consommation croît, parce qu'on est obligé de faire usage d'une détente trop faible ou trop forte.

Si donc on désire, avec le type Corliss, effectuer un travail qui ne soit pas compris dans les limites précitées, il y aura lieu de donner d'autres dimensions aux cylindres, de manière à réaliser le travail voulu avec l'admission la plus avantageuse.

7° La marche la plus économique, lorsqu'on reste dans les limites de travail auquel la machine est appropriée, a lieu pour la pression de 7k,75 avec enveloppe ; mais si on abaisse la pression à 4k,50, les consommations ne subissent qu'un accroissement très faible. Et, si on remarque, d'une part, que la formation d'un kilogramme de vapeur à 7k,75 exige une chaleur de vaporisation plus grande que celle d'un kilogramme de vapeur à 4k,50, et réclame par suite plus de combustible ; d'autre part, qu'une chaudière est, toutes choses égales, d'autant plus coûteuse que la tension de la vapeur est plus forte, et oblige à avoir des tôles plus épaisses, on arrive à cette conséquence pratique fort importante, que dans la machine Corliss la marche la plus économique a lieu pour une pression d'environ 4k,50 avec emploi de l'enveloppe de vapeur.

Enfin, nous devons ajouter que lorsque la machine Corliss devra effectuer un travail plus considérable que celui auquel elle était destinée, l'avantage de la condensation devient (comme nous l'avons établi précédemment), peu sensible ; il peut y avoir alors intérêt à supprimer le condenseur, et à marcher avec échappement à l'air libre et compression de la vapeur dans les espaces morts (*).

Cette remarque doit trouver son application dans la pratique ; il arrive très fréquemment, en effet, qu'on est amené, dans l'industrie, à réclamer normalement à une machine un effort plus considérable que celui qui avait été primitivement prévu.

Nous devons, avant de clore ce chapitre, dire qu'Hallauer avait déjà reconnu que les détentes trop prolongées n'étaient pas économiques ; il avait indiqué, pour la machine Corliss, l'admission de 1/6 (16 p. 100) comme étant la plus avantageuse.

VI. — Considérations théoriques.

Nous venons de montrer que les résultats fournis par les essais de consommation sont très différents de ceux auxquels conduirait une étude théorique, dans laquelle on admettrait que de la vapeur sèche et saturée est admise, puis se détend, dans un récipient imperméable à la chaleur.

Il reste à voir quelles peuvent être les causes de ces différences.

1° *Calculs : 1° des condensations à l'admission; 2° des*

(*) Nous croyons devoir faire observer, en outre, que dans la marche sans condenseur, on peut réchauffer notablement, au moyen de la vapeur de l'échappement, l'eau d'alimentation et réduire ainsi la consommation de combustible à la chaudière.

condensations ou évaporations pendant la détente. — Nous avons, dans ce but, recherché : 1° quelles avaient été, dans chacun des essais, les condensations de vapeur pendant l'admission ; 2° quelles avaient été, pendant la détente, les évaporations ou condensations.

Les condensations à l'admission ont été obtenues comme il suit :

On a relevé, sur les diagrammes de l'indicateur, la pression de la vapeur à la fin de l'admission, et déterminé, au moyen des tables de Zeuner, quelle était pour cette pression la densité de la vapeur saturée correspondante ; connaissant le volume occupé par la vapeur, et sa densité, on a pu en calculer le poids. Ce dernier est désigné communément sous le nom de *poids de vapeur sensible.*

Ce poids, diminué de celui de la vapeur renfermée dans les espaces nuisibles devrait, s'il n'y avait pas de condensation, être le même que celui de l'eau vaporisée à la chaudière. Or, il lui est presque toujours inférieur. La différence représente donc les condensations qui ont lieu à l'admission.

Toutefois, il y a lieu de remarquer que cette différence correspond non seulement au poids de la vapeur qui s'est condensée pendant l'introduction, mais encore à celui de l'eau entraînée de la chaudière à l'état vésiculaire, et à celui des fuites et pertes de toute nature qui ont lieu pendant l'essai.

Faute de données suffisantes, pour faire les corrections, nous avons attribué aux condensations de la vapeur, pendant l'admission, la totalité de l'écart entre le poids de vapeur sensible et celui de l'eau consommée à la chaudière. Le chiffre admis est par suite un peu trop fort (*).

(*) M. Zeuner a fait remarquer récemment (*Revue industrielle*

Les condensations ou évaporations survenues pendant la détente ont été obtenues en calculant, par les moyens indiqués ci-dessus, le poids de vapeur sensible à la fin de l'expansion, et en le comparant au poids de vapeur sensible au commencement de la détente.

S'il y a eu augmentation, pendant la détente, du poids de vapeur sensible, c'est qu'une partie de l'eau condensée s'est évaporée; si au contraire il y a eu diminution, c'est que de la vapeur s'est condensée partiellement.

Nous croyons devoir faire observer que ces calculs des poids de vapeur sensible sont particulièrement délicats, et que les résultats obtenus, notamment en ce qui concerne les évaporations ou condensations pendant la détente, ne sauraient être qu'approximatifs (*).

Nous avons résumé dans le tableau ci-contre les résultats obtenus :

---

des mines, janvier 1882) que la vapeur n'est pas dans le cylindre à l'état d'équilibre, qu'elle est au contraire animée de mouvements tumultueux, tandis que les densités fournies par ses tables supposent les fluides en repos. La pression mesurée par l'indicateur étant inférieure à celle qu'aurait la vapeur si elle était au repos, la densité admise est trop faible, et par suite le poids de vapeur sensible calculé n'est pas assez élevé. Nouvelle raison à ajouter à celles énumérées ci-dessus, pour conclure que les chiffres de condensation admis par nous sont supérieurs aux chiffres réels.

(*) Ces calculs présentent des difficultés spéciales avec les machines type Corliss, parce que l'admission dépend de la vitesse du piston, et que cette dernière n'étant jamais absolument la même pendant la durée d'un essai, le poids de vapeur admise subit de continuelles variations.

Tableau des condensations à l'admission et des condensations ou évaporations pendant la détente.

MARCHE A CONDENSATION sans enveloppe.							MARCHE A CONDENSATION avec enveloppe.						
	CONDENSATIONS à l'admission (par coup de piston).		DÉTENTE (par coup de piston).					CONDENSATIONS à l'admission (par coup de piston).		DÉTENTE (par coup de piston).			
Numéros des essais.	Poids absolus (en grammes).	Rapport au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).	Évaporations (en grammes).	Condensations (en grammes).	Rapport des évaporations ou condensations au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes) (1).		Numéros des essais.	Poids absolus (en grammes).	Rapport au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).	Évaporations (en grammes).	Condensations (en grammes).	Rapport des évaporations ou condensations au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes) (1).	
Pression 7k,75.							**Pression 7k,75.**						
1	84,7	53	0,60	»	+0,4		24	50,5	39	20	»	+12,9	
2	83,0	45	6	»	+3,2		25	50,5	31	15	»	+ 9,2	
3	87,0	40	4	»	+1,8		26	45,2	29	13	»	+ 8,1	
4	104,0	39	10	»	+5,9		27	61,1	26	11,5	»	+ 4,7	
Pression 6,k25.							**Pression 6k,25.**						
5	73,6	43	4	»	+2,3		28	44,5	36	24	»	+19,2	
6	73,6	42	»	2	−1,1		29	43,5	33	18	»	+13,2	
7	68,8	35	»	3	−1,5		30	45,6	24	16	»	+ 8,5	
8	77,2	34	»	4	−1,7		31	50,3	24	20	»	+ 9,4	
9	90,7	36	»	10	−3,9								
Pression 4k,50.							**Pression 4k,50.**						
10	44,7	39	8,5	»	+7,5		32	35,3	34	19,5	»	+18,5	
11	37,6	27	6,5	»	+4,7		33	36,4	28	17,0	»	+12,9	
12	41,7	24	4,0	»	+2,3		34	28,3	17	9,0	»	+ 5,4	
13	30,5	15	1,2	»	+0,6		35	32,2	16	8,0	»	+ 4,0	
14	29,2	13	»	1	−0,4		36	24,3	10	3,5	»	+ 1,5	
Pression 3k,50.							**Pression 3k,50.**						
15	42,0	43	21,0	»	+21,6		37	27,6	34	20,5	»	+24,7	
16	38,9	33	15,5	»	+12,8		38	33,7	30	23,0	»	+19,8	
17	34,8	25	5	»	+ 3,5		39	26,5	19	16,0	»	+11,5	
18	36,3	22	6	»	+ 3,5		40	27,2	15	»	2,50	− 1,4	
19	30,5	14	»	9,5	− 4,5		41	26,3	12	»	5	− 2,2	
Pression 2k,50.							**Pression 2k,50.**						
20	40,9	31	18	»	+13,0		42	30,4	23	24	»	+17,6	
21	28,1	13	3	»	+ 1,3		43	25,6	12	5	»	+ 2,2	
22	18,0	7	»	6	− 2,1		44	12,8	4	»	5	− 1,7	
23	néant	»	»	»	»		45	néant	»	»	»	»	

(1) Le signe + est affecté aux évaporations, et le signe — aux condensations.

Suite du tableau des condensations à l'admission et des condensations ou évaporations pendant la détente.

MARCHE SANS CONDENSATION sans enveloppe.						MARCHE SANS CONDENSATION avec enveloppe.					
	CONDENSATIONS à l'admission (par coup de piston).		DÉTENTE (par coup de piston).				CONDENSATIONS à l'admission (par coup de piston).		DÉTENTE (par coup de piston).		
Numéros des essais.	Poids absolus (en grammes).	Rapport au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).	Évaporations (en grammes).	Condensations (en grammes).	Rapport des évaporations ou condensations au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).	Numéros des essais.	Poids absolus (en grammes).	Rapport au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).	Évaporations (en grammes).	Condensations (en grammes).	Rapport des évaporations ou condensations au poids de vapeur et d'eau fournis par la chaudière (en centièmes).
			Pression $7^k,75$.						**Pression $7^k,75$.**		
46	94,7	37	»	15	−5,8	57	54,2	27	21	»	+10,3
47	104,6	35	»	17,5	−5,8	58	62,8	27	17,5	»	+ 7,3
48	96,3	29	»	4	−1,2	59	65,2	26	13	»	+ 4,8
						60	60,3	20	10	»	+ 3,2
			Pression $5^k,50$.								
49	53,7	26	4	»	+1,9				**Pression $5^k,50$.**		
50	49,0	22	»	7	−3,1	61	32,1	16	9	»	+4,5
51	47,5	17	»	7,5	−2,7	62	22,1	9	6	»	+2,4
52	38,0	12	»	4	−1,2	63	15,4	5	»	1	−0,4
			Pression $3^k,50$.						**Pression $3^k,50$.**		
53	25,9	14	6	»	+3,3	64	16	9	6	»	+3,5
54	19,1	8	1	»	+0,4	65	15,7	7	7	»	+3,1
55	8,1	2	»	9	−2,7	66	6,7	2	»	1	−0,3
56	néant	»	»	»	»	67	néant	»	»	»	»

Nota. — Les résultats des colonnes 2 ont été calculés après avoir, pour la marche avec enveloppe, déduit de la consommation par coup de piston l'eau condensée dans l'enveloppe.

Pour les essais nos 24 et 25 nous avons admis que la condensation dans l'enveloppe, par coup de piston, était le même que pour l'essai no 26, soit environ 5 grammes; pour l'essai no 33, nous avons admis, pour la condensation dans l'enveloppe, le résultat de l'essai no 32.

Pour les essais nos 23, 45, 56, 67, les poids de vapeur sensible obtenus ont été approximativement égaux à la consommation mesurée à la chaudière; il n'y a donc plus de condensation quand on marche à pleine admission.

Les calculs ont même donné des poids de vapeur sensible

un peu supérieurs, notamment dans la marche avec enveloppe, à la consommation de la chaudière. Nous n'attachons d'ailleurs pas d'importance à ces faibles écarts, qu'il convient, vraisemblablement, d'attribuer aux erreurs inhérentes au mode de détermination.

Afin de permettre plus facilement l'étude des résultats mentionnés ci-dessus, nous avons dressé les diagrammes 3 et 4, Pl. V. Le diagramme n° 3 fait connaître comment a varié, dans les divers essais, la consommation de vapeur par cheval indiqué et par heure (*).

Le diagramme n° 4 indique quels ont été les chiffres absolus des condensations de vapeur pendant l'admission.

Nous aurions désiré pouvoir figurer graphiquement les résultats obtenus pour les évaporations ou condensations pendant la détente. Mais les chiffres calculés sont trop incertains, et les essais de diagrammes tentés nous ont donné des courbes à allures parfois étranges, qui n'étaient vraisemblablement pas l'expression de la réalité.

Nous nous bornerons donc à interpréter, d'une manière très générale, le tableau ci-dessus.

C'est ce même motif d'impossibilité d'avoir, pour les poids de vapeur sensibles, au début et à la fin de la détente, des chiffres certains, qui nous a empêché de calculer les gains ou pertes de calories de la vapeur pendant la détente et l'échappement, en suivant la marche adoptée par M. Hirn (**).

2° *Considérations générales sur la détente de la va-*

(*) Nous avons déjà, dans le tableau p. 225, dit que les consommations mesurées pour les essais 49, 50, 51, 52 étaient un peu fortes; la courbe correspondant à la marche à 5^k,50 sans condensation et sans enveloppe est donc située trop haut par rapport à l'axe des abscisses.

(**) Nous n'avons pu, par suite, évaluer les pertes dues au refroidissement du condenseur, tel que nous l'avons défini au début de ce mémoire.

peur. — Avant d'aborder l'explication des résultats indiqués par les diagrammes et les tableaux, il importe de résumer quelques-unes des propriétés générales de la vapeur, propriétés que M. Zeuner a exposées d'une manière magistrale, dans son ouvrage intitulé : *Principes de la théorie mécanique de la chaleur.*

Si on suppose que de la vapeur saturée et sèche se détende, sans addition ni soustraction de chaleur, il se produira pendant l'expansion, une condensation partielle. Cette condensation sera d'autant plus importante que la détente sera plus prolongée.

La courbe que relèverait dans ce cas un indicateur, serait représentée approximativement par la formule $pv^{1,135}$ = constante. Cette courbe est désignée communément sous le nom de *courbe adiabatique.*

Ainsi, M. Zeuner a calculé que si on fait détendre adiabatiquement, de 4 atmosphères à 1 atmosphère, de la vapeur saturée et sèche, il y aura, à la fin de la détente, près de 8 p. 100 du poids initial de vapeur qui seront condensés.

Lorsque la vapeur n'est pas sèche, les résultats sont différents ; si la proportion d'eau est à peu près égale à celle de la vapeur, il n'y aura plus ni condensation ni vaporisation. Si, au contraire, le poids de l'eau forme plus de la moitié du poids total, il y aura évaporation pendant la détente (*).

Ainsi donc, lorsque à de la vapeur sèche qui se détend, on ajoute des proportions initiales d'eau croissantes, on

(*) Cette proportion de 50 p. 100 d'eau dans le mélange ne constitue pas un chiffre invariable; elle dépend de la pression initiale et du degré de détente. Elle décroît avec la pression. Ainsi, pour une pression initiale de 10 atmosphères, et une détente jusqu'à 1 atmosphère, le poids de vapeur sensible restera le même, si au début il y a 44 p. 100 d'eau dans le mélange (Zeuner).

constate que les condensations vont en diminuant, qu'elles sont nulles pour un poids d'eau approximativement égal à celui de la vapeur, et qu'on a, au contraire, une évaporation lorsque la proportion d'eau devient plus élevée.

Par suite, si on a affaire à de la vapeur plus ou moins mélangée d'eau, et qu'on veuille la faire se détendre de telle sorte que la proportion de vapeur soit la même à la fin de l'expansion, il faudra dans le premier cas lui fournir de la chaleur, et dans le second cas lui en soustraire.

Dans les divers essais que nous avons à examiner, la proportion d'eau mélangée à la vapeur, au début de la détente, est presque toujours inférieure à 50 p. 100 du poids total du mélange (l'essai n° 1 forme seul exception). Nous devrions donc toujours avoir, sauf dans le cas indiqué ci-dessus, une condensation pendant la détente, condensation qui sera d'autant plus forte que la différence des pressions initiale et finale sera plus grande, et que la proportion d'eau contenue dans le mélange, au début de la détente, sera plus faible.

Si nous trouvons, à la fin de l'expansion, une augmentation dans le poids de vapeur sensible, c'est que de la chaleur aura été fournie durant la détente, et toutes choses égales d'ailleurs, les calories cédées seront d'autant plus importantes que l'augmentation dans le poids de vapeur sensible sera elle-même plus forte (*).

Après cette courte digression, revenons à l'examen des diagrammes.

(*) Si, au contraire, il y a condensation, et que cette condensation soit inférieure à celle que donnerait la détente adiabatique, il y aura encore eu de la chaleur fournie; si la condensation est la même que celle de la détente adiabatique, il n'y aura eu ni addition ni soustraction de la chaleur.

Enfin, si la condensation est supérieure à celle que donnerait la détente adiabatique, c'est qu'il y aura eu soustraction de calorique.

Ces derniers sont faciles à saisir ; nous nous bornerons à résumer, en quelques lignes, les particularités qu'ils mettent en évidence.

3° *Consommations par cheval indiqué et par heure.* (Tableau graphique n° 3, Pl. V.) — Nous retrouvons là l'indication des faits que nous a déjà révélés la *fig.* n° 3 (Pl. IV), au sujet de l'influence de la pression et de la détente. Nous croyons superflu d'y revenir, le diagramme étant suffisamment clair par lui-même.

4° *Considérations sur les condensations à l'admission.* (Tableau graphique n° 4, Pl. V.) — Le tableau résumé p. 238 et 239, montre que la proportion de vapeur condensée, pendant l'admission, par rapport à la quantité totale fournie par la chaudière va, sauf quelques rares exceptions, en diminuant, pour une même pression, à mesure que l'admission augmente.

Il montre encore que cette même proportion est généralement, toutes choses égales d'ailleurs, d'autant moins élevée que la pression de la vapeur est plus faible.

Mais il y a aussi intérêt, au point de vue théorique, à examiner comment varient les poids absolus des condensations. Le nombre de calories cédées aux parois, ou à l'eau emprisonnée dans le cylindre dépend, en effet, du poids de vapeur condensée, et inversement ce dernier peut donner une idée de l'importance du refroidissement qu'a subi, pendant la détente et l'échappement, la partie du cylindre où est introduite la vapeur.

Ces poids absolus de vapeur condensée donnent lieu à des observations intéressantes, aussi nous les avons figurés dans le graphique n° 4, Pl. V.

L'examen de ce graphique met en relief les particularités suivantes :

1° Pour les pressions supérieures à $4^k,50$, les conden-

sations absolues sont d'autant plus considérables, toutes choses égales d'ailleurs, que la pression est plus élevée.

Pour les pressions inférieures à 4k,50, les condensations présentent peu de différence, et la loi de leur variation ne se dégage plus nettement du diagramme.

2° Pour une même pression, lorsque l'admission croît à partir d'environ 4 p. 100, les condensations vont d'abord en diminuant, puis elles augmentent, atteignent un maximum, et diminuent ensuite progressivement.

Elles sont nulles avec une admission complète à 2k,50 et à 3k,50 (ainsi que nous l'avons établi précédemment), et l'allure générale des courbes permet de penser que, pour des pressions différentes, les condensations deviennent également pour une pleine admission, sinon nulles, du moins très faibles.

Aussi avons-nous figuré en pointillé la courbe que présenterait probablement, pour la marche à 7k,75 sans condenseur, la loi des condensations. Cette inflexion que présentent les courbes, pour des admissions comprises approximativement entre 4 et 20 p. 100, est d'autant plus accentuée que la pression est plus grande. Très forte pour 7k,75 et 6k,25, elle est faible pour 4k,50, et à peine marquée pour 3k,50.

Il y aurait exception à cette règle pour la marche à condensation et enveloppe à 4k,50 et à 3k,50; les condensations iraient en augmentant, lorsque l'admission croît à partir de 5 p. 100 environ, elles présenteraient deux maxima et iraient vraisemblablement ensuite en décroissant régulièrement.

Les diagrammes semblent indiquer que, sauf dans les deux cas exceptionnels signalés ci-dessus, les condensations iraient tout d'abord en croissant, si on diminuait l'admission; cependant il serait hasardé d'affirmer que cette progression croissante se maintiendrait régulière-

ment, et que pour une admission à peu près nulle (espaces nuisibles se remplissant presque seuls de vapeur), les condensations seraient plus considérables qu'avec une admission de 4 p. 100.

3° L'enveloppe de vapeur diminue, d'une manière parfois considérable, les condensations à l'admission ; aussi l'effet de l'enveloppe est-il d'autant plus marqué que les condensations initiales sont plus importantes.

Les résultats obtenus paraissent même, à première vue, disproportionnés avec le nombre des calories fournies par l'enveloppe. Ainsi, si on compare les essais 8 et 31, on voit que la condensation dans l'enveloppe de $3^{gr},1$ de vapeur par coup de piston a diminué de 27 grammes les condensations initiales ; de même, la comparaison des essais 51 et 62 montre que la condensation, dans l'enveloppe, de $2^{gr},90$ de vapeur, a diminué de 25 grammes les condensations à l'admission.

4° L'absence ou la présence de condenseur ne paraissent exercer qu'une influence d'ordre secondaire sur les condensations initiales ; cette conséquence résulte à la fois de la comparaison des courbes du diagramme et de la circonstance déjà signalée de l'absence de condensation, lorsqu'on marche à pleine admission, à la pression de $2^{k},50$, avec condenseur.

La conclusion ci-dessus expliquerait pourquoi les machines type Corliss donnent des résultats économiques comparables aux machines à deux cylindres (Woolf ou Compound), dans lesquelles on s'est efforcé de soustraire au refroidissement du condenseur les espaces dans lesquels est introduite la vapeur.

5° *Considérations sur les évaporations et condensations pendant la détente.* — L'examen du tableau, pages 238 et 239, permet de formuler les observations suivantes :

1° Pour les faibles admissions, il y a tantôt évaporation, tantôt condensation, pendant la détente. Pour les grandes admissions, lesquelles ne répondent d'ailleurs, dans nos essais, qu'à des pressions modérées, il y a condensation.

(Ces condensations doivent nécessairement aller elles-mêmes en diminuant, lorsqu'on arrive aux très grandes admissions, puisque quand on supprime la détente, on supprime par là même les condensations.)

2° De l'allure générale des courbes, assez irrégulières d'ailleurs, que nous avons obtenues en représentant graphiquement les résultats des tableaux pages 238 et 239 (*), il semble résulter que pour une même pression, on a, en faisant croître l'admission à partir de zéro, d'abord des évaporations, ensuite des condensations. A une admission déterminée correspondrait une absence d'évaporation ou de condensation. Cette admission serait, en général, d'autant plus faible, toutes choses égales d'ailleurs, que la pression serait plus forte. Cependant les essais à $7^k,75$, à condensation et sans enveloppe, paraîtraient faire exception à cette dernière règle (**).

3° L'enveloppe augmente les évaporations pendant la détente, ainsi que l'avait mentionné M. Hirn.

4° Enfin, dans les hautes pressions et pour des admissions inférieures à 20 p. 100, les poids absolus des évaporations et condensations, pendant l'expansion, subissent de grandes variations pour de faibles changements dans le degré de détente, circonstance que nous avons déjà signalée au sujet des condensations à l'admission.

(*) Nous n'avons pas, pour les motifs déjà indiqués, reproduit ces courbes dans le présent mémoire.

(**) Pour ces essais, les résultats calculés sont singuliers, et ne se rapportent guère à ceux trouvés pour les essais à $6^k,25$ avec condenseur et à $7^k,75$ sans condenseur. L'explication de cette anomalie nous échappe.

Le tableau précité montre que, dans la marche avec condenseur, la proportion de vapeur, qui se forme pendant la détente, atteint son maximum pour les moyennes pressions (4^k,50 et 3^k,50). Nous avons vu précédemment que les condensations à l'admission étaient, avec ces pressions, relativement modérées.

Nous pouvons donc dire, d'après les considérations théoriques exposées ci-dessus, que c'est dans ces conditions que sera restituée, à la vapeur qui se détend, une forte proportion des calories cédées pendant l'admission, c'est-à-dire, pour employer l'expression de M. Hirn, que sera minime le refroidissement au condenseur.

6° *Causes principales des condensations à l'admission. Effet de l'enveloppe.* — Les tableaux et diagrammes précités montrent que les condensations à l'admission, et les évaporations ou condensations pendant la détente, constituent des phénomènes très complexes, et il nous paraît impossible, dans l'état actuel de nos connaissances, de pénétrer plus avant dans l'étude de la question, et de formuler des lois générales. Nous ne croyons pas pouvoir non plus émettre un avis dans le différend existant entre MM. Hirn et Zeuner, au sujet du rôle que peut jouer, dans les condensations initiales, la présence d'une provision d'eau restant en permanence dans le cylindre de la machine; nous verrons bien, il est vrai, plus loin, en revenant sur les essais avec compression, que pour ces expériences il ne pouvait y avoir que très peu d'eau dans les espaces morts, mais nous ne saurions étendre avec certitude cette conclusion à tous nos essais.

Cependant, nous croyons pouvoir dire que les condensations initiales paraissent être principalement influencées par les phénomènes qui ont lieu pendant la détente.

L'écart entre les températures du commencement et de la fin de l'expansion constituerait le facteur le plus important dans la production des condensations à l'admission.

Nous avons vu, en effet, qu'aux grandes détentes correspondaient les grandes condensations; qu'aux faibles détentes, correspondaient les faibles condensations; et que, lorsqu'il n'y avait plus de détente, il n'y avait plus de condensations (du moins pour les pressions de $3^k,50$ et de $2^k,50$).

Enfin, toutes choses égales d'ailleurs, le refroidissement de la vapeur pendant la détente est théoriquement d'autant plus considérable que la pression est plus forte; et nous avons constaté que les condensations initiales étaient aussi d'autant plus grandes que la pression était plus élevée.

Ces faits nous paraissent justifier la conclusion que nous avons émise plus haut, et montrent qu'il y a une relation étroite entre les condensations à l'admission et le refroidissement de la vapeur pendant la détente.

L'influence du condenseur, de l'étendue des surfaces offertes à la vapeur admise, etc., n'interviendrait qu'au second plan.

Nous pouvons même ajouter qu'un faible écart dans le refroidissement pendant la détente entraîne de grands changements dans les condensations initiales. Supposons, par exemple, de la vapeur à 8 kilogrammes (température 169°) et à 4 kilogrammes (température 143°), avec détente de 9/10. Nous avons dit déjà que la courbe de détente se rapprochait, surtout vers la fin de l'expansion, de l'hyperbole équilatère; nous pouvons donc admettre, sans erreur notable, que les pressions finales seront, pour les deux cas considérés, de $0^k,8$ (température 93°) et de $0^k,4$ (température 76°). La chute de température pendant la détente sera, dans le premier cas, de 76°, et,

dans le second, de 67°. La différence entre ces deux chiffres est assez faible; cependant les condensations initiales, avec une pression de 8 kilogrammes, seront environ deux fois plus grandes que celles correspondantes à une marche à 4 kilogrammes.

On s'explique alors comment l'enveloppe de vapeur entraîne une diminution importante dans les condensations à l'admission; elle relève la courbe de détente, augmente la température finale, et réduit ainsi la chute de température qui a lieu pendant l'expansion.

Telles sont les conclusions auxquelles nous paraissent conduire les essais effectués au Creusot; elles sont intéressantes et n'avaient pas encore, à notre connaissance, été formulées.

7° *Influence sur les consommations de vapeur, des condensations à l'admission ou condensations durant la détente.* — Si, laissant de côté ces considérations théoriques, nous revenons aux questions pratiques de consommation de vapeur, nous voyons que les phénomènes de condensation pendant l'admission, et d'évaporations ou condensations pendant l'expansion, ont une grande importance, et motivent les différences considérables qui existent entre les résultats des expériences, et ceux auxquels conduirait l'hypothèse de vapeur ne subissant, par l'effet de causes extérieures, ni gain ni perte de chaleur.

La dépense de vapeur ne doit pas être considérée comme étant seulement fonction de la pression initiale et du degré de détente, mais comme étant une fonction de la pression, du degré de détente, des condensations à l'admission, et des condensations ou évaporations pendant la détente.

Vu notre ignorance presque complète des lois qui régissent ces deux derniers phénomènes, la théorie ne

permet pas de prévoir dans quel cas cette fonction multiple atteindra son minimum; l'expérience peut seule, en l'état actuel de nos connaissances sur les machines à vapeur, fournir la solution du problème.

Les hautes pressions et les grandes détentes donnent lieu à de grandes condensations à l'admission, fréquemment même à des condensations pendant la détente; il n'est donc pas étonnant qu'elles soient désavantageuses.

Les faibles pressions et les faibles détentes donnent peu de condensations à l'admission, mais on est alors en présence d'un autre désavantage, que les théories anciennes avaient depuis longtemps établi, celui de l'emploi de vapeur à faible tension, avec peu ou pas d'expansion. Aussi avons-nous constaté, par les essais, que ces conditions de marche étaient peu économiques.

Ce sont, par suite, des pressions moyennes et des détentes relativement modérées, qui donnent les meilleurs résultats; nous avons vu qu'alors les condensations initiales étaient peu élevées, et que, par suite de réévaporations pendant l'expansion, il était restitué à la vapeur une fraction importante des calories cédées durant l'admission.

Nous croyons devoir ajouter, d'ailleurs, que les conclusions auxquelles nous avons été conduit s'appliquent à la machine Corliss, et qu'elles ne sauraient, sans des modifications peut-être importantes, être admises pour des machines de types différents.

Il nous reste à passer en revue quelques essais opérés à l'effet de reconnaître l'influence : 1° de la vitesse; 2° de la présence, dans l'enveloppe, de vapeur à plus haute pression que celle admise.

Nous allons examiner successivement ces divers essais.

VII. — INFLUENCE DE LA VITESSE DU PISTON.

Deux essais ont été opérés, en faisant faire à la machine 40 et 80 tours par minute, et maintenant autant que possible la même pression à la chaudière, $4^k,50$, et une même admission.

Toutefois, on s'est buté à une difficulté; lorsque la machine marchait à faible vitesse (40 tours), on ne pouvait maintenir cette vitesse régulière, à cause de l'insuffisance du volant.

Voici comment on a dû opérer :

On a élevé dans la chaudière la pression à 8 kilogrammes, et on a étranglé par la soupape de la machine le passage de la vapeur, de manière à avoir dans le cylindre, au début de l'admission, une pression de $4^k,00$ à $4^k,50$; de cette façon, si pendant l'admission la vitesse de la machine diminuait, la pression de la vapeur agissant sur le piston augmentait aussitôt, et permettait de rétablir la vitesse normale.

On avait, pour le même motif, adopté une forte admission.

On a obtenu les résultats suivants :

	Marche 39 tours.	Marche 83 tours.
Pression au début de l'admission. .	$4^k,28$	$4^k,41$
Admission.	50 p. 100	51 p. 100
Travail indiqué en chevaux.	119,7	249,0
Consommation de vapeur par cheval et par heure.	$9^k,94$	$9^k,15$

L'accroissement de la vitesse diminuerait donc la consommation (*).

(*) Nous devons dire que ces expériences beaucoup plus complètes ont été effectuées au Creusot, pour apprécier l'effet de

Nous ajouterons que l'admission, avec le type Corliss, peut être d'autant plus grande que la vitesse est plus forte; nous avons déjà précédemment mentionné ce fait, et en avons indiqué la cause. Nous n'y reviendrons pas. On a reconnu que les admissions maxima sont les suivantes :

Marche	à 40	tours par	minute. —	Admission	maximum	50	p. 100
Id.	à 60	id.	id.	Id.	id.	58	id.
Id.	à 80	id.	id.	Id.	id.	69	id.

Enfin, nous devons encore signaler un fait intéressant, c'est que les condensations, pendant l'admission, diminuent lorsque la vitesse du piston augmente.

Ainsi les deux essais précités ont donné les condensations initiales ci-dessous :

Marche	à 39	tours. —	Condensation	à l'admission,	45	grammes
Id.	à 83	id.	Id.	id.	23	id.

VIII. — Influence de la présence, dans l'enveloppe, de vapeur plus chaude que la vapeur admise.

Pour étudier l'influence exercée par la présence, dans l'enveloppe, de vapeur plus chaude que la vapeur admise, on a opéré comme il suit :

La tension de la vapeur de la chaudière a été portée à 7 kilogrammes, on a alimenté l'enveloppe par le tuyau β (voir Pl. IV), et on a, au moyen de la soupape de la machine, étranglé la vapeur arrivant dans le cylindre, de

la vitesse, sur une machine Compound, et qu'on a constaté que la vitesse avait une influence très importante sur la consommation de vapeur.

manière à ce que la pression, au début de l'admission, fût de 4 kilogrammes environ.

On a fait deux expériences similaires, en marchant avec ou sans enveloppe.

On a obtenu les résultats suivants :

		Marche sans enveloppe.	Marche avec enveloppe.
Pressions.	Début d'admission. .	$3^k,79$	$4^k,15$
	Fin d'admission . . .	1 ,95	2 ,27
Admission		57 p. 100	57 p. 100
Travail indiqué en chevaux		137,3	162,8
Consommation par cheval indiqué et par heure.		10,55	10,00

L'enveloppe aurait donc apporté une économie de $0^k,55$. Or, si on se reporte au diagramme n° 3, Pl. V, on voit que pour les pressions comprises entre $4^k,50$ et $2^k,50$, l'économie procurée par l'enveloppe devient très faible, lorsque l'admission est grande, et qu'elle est assurément inférieure à $0^k,55$ lorsque l'admission est de 57 p. 100.

Par suite, il y aurait avantage à introduire, dans l'enveloppe, de la vapeur plus chaude que celle admise dans le cylindre.

IX. — Digression sur la compression de la vapeur.

Nous devons encore, avant de terminer ce mémoire, revenir sur la compression de la vapeur dans les espaces nuisibles.

M. Zeuner a fait remarquer que l'examen de la courbe de compression, relevée par l'indicateur, permettrait de savoir si de l'eau était mélangée en proportions notables avec la vapeur (*).

(*) *Revue universelle des mines*, janvier 1882.

Lorsque le mélange contient, après compression, au maximum 30 p. 100 d'eau, la courbe de compression adiabatique est représentée d'une manière suffisamment exacte par la formule suivante :

$$pv^{\mu} = \text{constante } (*).$$

et on a :

$$\mu = 1{,}035 + 0{,}10x,$$

x étant la quantité de vapeur contenue dans 1 kilogramme du mélange à la fin de la compression.

Si nous supposons la vapeur saturée et sèche à la fin de la compression, nous aurons pour formule :

$$pv^{1{,}135} = \text{constante}.$$

Or nous avons, pour les trois essais avec compression, recherché si les courbes pourraient être représentées par une équation de la forme $pv^{\mu} =$ constante. Nous avons laissé de côté les parties des courbes correspondant au dernier centième de la course du piston, à l'effet d'éviter l'influence possible (quoique peu probable, d'après le réglage de la machine, d'une admission anticipée), et avons constaté que les parties restantes des courbes peuvent être très approximativement représentées par les formules suivantes :

Essai n° 68	Côté d'avant. . .	$pv^{1{,}09} =$ constante
	Côté d'arrière . .	$pv^{1{,}21} =$ id.
Essai n° 69	Côté d'avant. . .	$pv^{1{,}12} =$ constante
	Côté d'arrière . .	$pv^{1{,}20} =$ id.
Essai n° 70	Côté d'avant. . .	$pv^{1{,}14} =$ constante
	Côté d'arrière . .	$pv^{1{,}06} =$ id.

Nous avons reproduit d'ailleurs le diagramme relatif à l'essai n° 70 (côté d'avant), à l'effet de mettre en évidence

(*) Zeuner, *Théorie mécanique de la chaleur*, p. 335 et suivantes.

l'allure de la courbe de compression. (Voir figure 4, Pl. V.)

Des résultats indiqués ci-dessus, il semble permis de conclure que, pour les essais 68, 69 et 70, il n'y avait pas, à la fin de la compression, de l'eau en proportion notable mélangée à la vapeur emprisonnée dans les espaces morts.

Nous ajouterons encore les deux remarques suivantes, au sujet de la compression.

La forme des courbes indique qu'il n'y a pas eu de refroidissement appréciable de la vapeur pendant la compression, sans quoi la pression aurait subi un accroissement moins rapide.

Enfin, nous ajouterons que les condensations pendant l'admission n'ont été nullement diminuées par le fait de la compression. Nous avons calculé en effet les condensations suivantes :

	Condensations à l'admission.
Essai n° 68.	33 grammes
Essai n° 69.	24 —
Essai n° 70.	28 —

Si on compare ces résultats à ceux déjà mentionnés pour les essais sans compression n°s 53, 54 et 62, on voit que les condensations sont un peu plus élevées quand on marche avec compression. Sans attacher d'importance à ce dernier fait, qui résulte sans doute de ce que les essais n'ont pas été opérés dans des conditions identiques (pression d'admission plus grande dans les essais 68, 69 et 70), on peut en tout cas admettre que la compression n'a pas diminué les condensations à l'admission.

Ainsi donc, en résumé, dans les trois essais précités, pas ou très peu d'eau mélangée à la vapeur comprimée dans les espaces morts, échanges de calorique à peu près nuls entre la vapeur et les parois du cylindre, de telle sorte

que la vapeur comprimée ne se refroidit pas et que les parois ne se réchauffent pas. Cette dernière circonstance explique pourquoi les condensations à l'admission ne sont pas diminuées.

X. — RÉSUMÉ ET CONCLUSIONS.

En résumé, les essais du Creuzot nous ont permis de formuler, au sujet de la machine Corliss expérimentée, les conclusions suivantes :

1° Le travail effectif Te et le travail indiqué Ti peuvent être, dans la pratique, considérés comme reliés par l'équation du premier degré

$$Te = -\alpha + \beta Ti.$$

Toutefois, cette équation n'est qu'approximative; en réalité, les coefficients α et β varient avec les pressions de marche, et pour de faibles travaux il est probable que la relation entre Te et Ti ne saurait être représentée par une équation de premier degré.

2° La marche la plus économique est obtenue dans les conditions suivantes :

Emploi du condenseur;
Emploi de l'enveloppe de vapeur;
Pression modérée (4^k,50 environ);
Détente modérée (80 p. 100 environ).

On arrive alors, dans les cas les plus favorables, à ne dépenser par heure que 7^k,75 de vapeur par cheval indiqué, et 9^k,50 par cheval effectif.

3° L'enveloppe de vapeur est avantageuse pour les hautes pressions et les fortes détentes; son influence décroît lorsque la pression et le degré de détente dimi-

nuent; elle devient presque nulle pour les faibles pressions et les faibles détentes.

4° La compression est utile dans la marche sans condensation; son effet est d'autant plus grand que la pression à la fin de la compression se rapproche davantage de la pression de la vapeur admise.

5° La machine expérimentée fonctionne dans de bonnes conditions, lorsque le travail effectif est compris entre 120 et 170 chevaux. En deçà et au delà de ces limites, la consommation de vapeur croît assez rapidement.

Lorsqu'on veut développer, avec la machine précitée, un travail supérieur à 150 chevaux, l'avantage de la condensation diminue; pour un travail d'environ 175 chevaux, il peut y avoir intérêt à supprimer le condenseur, à comprimer la vapeur dans les espaces nuisibles à la fin de l'échappement, et à employer la vapeur émise à réchauffer l'eau d'alimentation.

6° Les condensations de la vapeur à l'admission augmentent avec la pression. Les poids absolus de vapeur condensée subissent des variations assez complexes pour des admissions inférieures à 20 p. 100; mais, pour des admissions plus grandes, ils vont en diminuant progressivement. Ils deviennent nuls ou du moins très faibles, pour une pleine admission. Il en est de même, *a fortiori*, pour les proportions des condensations relativement au poids de vapeur fourni par la chaudière.

L'enveloppe diminue les condensations initiales; la présence ou l'absence de condenseur n'exercent qu'une influence secondaire.

L'importance des condensations initiales paraît dépendre surtout des phénomènes de refroidissement qui se produisent pendant l'expansion.

7° Les évaporations ou condensations qui ont lieu pendant la détente sont complexes, surtout en ce qui concerne les hautes pressions.

Pour les pressions moyennes ou faibles, lorsqu'on fait croître l'admission, on a d'abord des évaporations; ces dernières arrivent à être nulles pour certaines admissions, puis font place à des condensations.

L'enveloppe augmente les évaporations.

Les pressions de $4^k,50$ et de $3^k,50$ donnent les plus fortes proportions de vapeur régénérée pendant la détente.

8° Les pressions modérées sont les plus avantageuses, parce qu'elles correspondent à de faibles condensations à l'admission et à de fortes évaporations durant l'expansion.

9° Une augmentation de vitesse donnée au piston, et l'emploi, dans l'enveloppe, de vapeur plus chaude que la vapeur admise, sont économiques.

10° Enfin nous avons vu que dans la marche sans condenseur, pour les pressions de $5^k,50$ et de $3^k,50$, et avec de fortes admissions, il était difficile d'admettre la présence permanente, dans le cylindre, d'eau en proportion notable.

Telles sont les conclusions fort importantes et très complètes au point de vue pratique, intéressantes quoique malheureusement incomplètes au point de vue théorique, qui résultent des essais opérés au Creusot. Il est à espérer que l'initiative si largement prise par MM. Schneider trouvera des imitateurs, que d'autres essais viendront apporter de nouveaux éléments, et aideront à la solution des difficiles questions que soulève le mode d'action de la vapeur dans les cylindres des machines.

Châlon-sur-Saône, le 19 juin 1884.

PERCEMENT DES ALPES

ÉTUDE DES TRAVAUX EXÉCUTÉS AU TUNNEL DE L'ARLBERG

Par M. REVAUX, ancien élève externe de l'École supérieure des mines.

L'application des moyens mécaniques au percement des galeries, quoique remontant à peine à une vingtaine d'années, a déjà permis de frayer successivement, à travers le massif des Alpes, trois passages souterrains, caractérisés chacun par d'importants perfectionnements dans les appareils employés, ainsi que par des progrès rapides sur les durées d'exécution.

La percée des Alpes au Mont-Cenis inaugura l'ère de la perforation mécanique avec l'appareil Sommeiller : la durée du travail fut de trente-cinq trimestres pour une galerie de 12 kilomètres.

A peine ce tunnel achevé, les perforateurs Ferroux et Mac-Kean, succédant au Sommeiller, attaquaient le massif du Gothard et le perçaient sur une longueur de 15 kilomètres avec une durée de trente trimestres. En même temps, on expérimentait, pour le percement des tunnels secondaires, sur les lignes d'accès, divers autres systèmes de perforateurs, parmi lesquels le perforateur hydraulique Brandt donnait les meilleurs résultats.

Actuellement, enfin, une troisième percée vient d'être exécutée dans le Vorarlberg, entre la Suisse et l'Autriche, sur 10 kilomètres de longueur, et les résultats obtenus, avec les perforateurs Ferroux et Brandt simultanément employés, ont permis l'achèvement de la galerie de direction au mois de novembre dernier, c'est-à-dire après une durée de moins de douze trimestres.

Sans préjuger dès maintenant si des vitesses encore plus considérables ne seront pas réalisées dans l'avenir, on peut estimer que l'exécution des travaux du tunnel de l'Arlberg a fait sortir l'art de la perforation mécanique de la période des essais, pour le faire entrer définitivement dans celle de la pratique.

Le tunnel de l'Arlberg (*fig.* 2, Pl. VIII) fait partie de la voie ferrée qui, partant d'Insprück, relie directement le réseau autrichien aux chemins de fer de la Suisse orientale à travers le massif des Alpes algaviennes, ligne de partage des eaux du Rhin et du Danube.

Ce percement ne créera pas une artère commerciale d'une importance bien considérable, puisque le trafic prévu ne dépasse pas 500.000 tonnes annuelles. Il ne modifiera pas non plus l'itinéraire des trains rapides de Paris à Vienne, mais il ouvrira à l'Autriche un débouché direct dans sa province frontière du Vorarlberg, que la chaîne algavienne isole complètement du reste de l'empire, et c'est surtout à des considérations d'ordre stratégique que nous sommes redevables de son exécution.

La voie ferrée, en partant d'Insprück, suit la vallée de l'Inn jusqu'à Landeck, traverse le massif montagneux au col de l'Arlberg, va se souder à Bludentz aux chemins de fer actuels du Vorarlberg, et pénètre enfin par Feldkirch dans la vallée du Rhin, qui court dans une direction parallèle à celle de la chaîne traversée, c'est-à-dire du sud au nord.

La section de montagne (*fig.* 1 et 2, Pl. VI) est comprise

entre Landeck et Bludentz. Le tracé s'engage d'abord dans la vallée de la Rosanna, qu'il suit jusqu'à Saint-Anton, tête est du tunnel de faîte. Il ressort au jour à Langen, et entre dans la vallée de l'Alfenz, où il se maintient jusqu'à Bludentz. La déclivité maxima sur la ligne est de 30 p. 1.000, et le rayon minimum des courbes 250 mètres.

Les deux vallées de la Rosanna et de l'Alfenz sont rigoureusement dirigées suivant une ligne est-ouest, et, en outre, elles offrent cette particularité de se trouver situées à la limite même de deux formations géologiques absolument distinctes, entre le massif cristallin central de l'Arlberg, sur le versant sud, et les couches calcaires qui constituent le prolongement de la chaîne, sur le versant nord.

Le tracé de la ligne, dans ces vallées, n'a pas présenté de difficultés d'exécution exceptionnelles : aussi la construction était-elle décidée en principe dès l'année 1870; mais le choix de l'emplacement du tunnel souleva de vives discussions, et il n'y eut pas moins de sept projets successivement présentés, depuis l'origine des études.

La préférence fut d'abord accordée à un tunnel de 12.400 mètres qui, partant de Langen à la cote 1.250, s'élevait jusqu'à 1.266 mètres par une rampe extrêmement faible de 3 p. 1.000, et débouchait à Saint-Anton, à 1.260 mètres, par une pente de 1 1/2 p. 1.000. Ce tracé s'écartait peu en plan de celui qui a été définitivement adopté ; l'allongement était dû à ce fait qu'au lieu de suivre une ligne droite de Langen à Saint-Anton, on avait préféré rejeter le tunnel tout entier dans le calcaire, en longeant la ligne sinueuse de contact avec les roches cristallines.

Un second projet, qui fut près d'être adopté en 1875, consistait à percer un tunnel à voie unique, de 6.740 mètres de longueur seulement, mais aux altitudes élevées de 1.376 mètres à la tête est, et 1.381 à la tête ouest. Il

fut définitiment rejeté, par suite de l'insuffisance du développement des lignes d'accès, lesquelles auraient exigé de recourir, sur les derniers tronçons, à l'expédient des tunnels hélicoïdaux, faisant perdre ainsi le bénéfice de la faible longueur du tunnel de faîte.

Le tracé définitivement adopté a une longueur de 10.240 mètres; la cote d'entrée, à Saint-Anton, est 1.202. Sur les 4.500 premiers mètres, la rampe est de 2 p. 1.000, ce qui porte à 1.310,61 l'altitude du point culminant dans le tunnel. De ce point jusqu'à la tête ouest, la pente est continue et de 15 p. 1.000 jusqu'à la sortie, à Langen, à la cote 1.216,84. Cette forte déclivité, en augmentant la différence de niveau entre les deux têtes, facilite l'établissement d'un courant d'air naturel, et comme elle est dirigée de l'est à l'ouest, c'est-à-dire dans le sens même du trafic le plus considérable, il n'y a pas à craindre qu'elle occasionne, lors de la mise en exploitation, des difficultés de traction exceptionnelles.

Les raisons déterminantes de ce tracé sont les suivantes. Par suite de la faible épaisseur du massif superposé au tunnel (500 mètres au plus), on n'avait vraisemblablement pas à craindre de rencontrer pendant le percement des températures élevées, de nature à compromettre la marche du travail, même dans un tunnel de 10 kilomètres. La puissance des engins mécaniques de perforation permet également de ne pas reculer devant un allongement de la traversée souterraine, pourvu que cet allongement permette d'installer les têtes en des points où l'on peut compter sur un débit des cours d'eau suffisant pour assurer d'une façon continue le fonctionnement des machines motrices. Enfin, il y avait un intérêt capital à réduire l'altitude des têtes, afin d'adoucir la raideur des pentes sur les lignes d'accès, et d'éviter surtout de s'engager dans les hautes régions, sujettes aux avalanches.

Conditions hydrologiques et géologiques. — La nécessité d'une traversée souterraine à l'Arlberg était particulièrement imposée par la rigueur du climat et l'abondance des neiges pendant la saison d'hiver. Tandis que la température se maintient à Bludentz entre —12° et —15°, elle descend jusqu'à —37°, dans les hautes régions, moins abritées des vents du nord. Comme on le voit par le tableau graphique (*fig.* 3, Pl. VI), la neige tombe entre Saint-Anton et Langen pendant près de sept mois de l'année, et atteint une hauteur de plus de 4 mètres : le tableau est établi sur la moyenne des observations de dix années. On doit remarquer, en outre, que la ligne d'accès du Vorarlberg-Bludentz-Langen se trouve dans des conditions bien plus défavorables, au point de vue de la chute des neiges et de leur durée, que la ligne du Tyrol-Landeck-Saint-Anton : il fallait donc entrer de ce côté en souterrain au point le plus bas possible, et l'altitude de la tête ouest est en effet de près de 100 mètres inférieure à celle de la tête est.

Le côté du Vorarlberg est également le plus pauvre au point de vue des forces disponibles pour le fonctionnement des moteurs : les ressources hydrauliques sont limitées, et pourraient même devenir insuffisantes, à certaines périodes de l'année, pour assurer les services de la perforation mécanique et de la ventilation. En effet, lorsque la force doit être transmise à des distances de 5 et 6 kilomètres, l'effet utile, c'est-à-dire le rapport du travail du récepteur au travail du moteur diminue rapidement. Un perforateur à air comprimé qui développe quatre chevaux de force au front de taille n'exige pas moins de vingt-trois chevaux de force initiale, et l'effet utile réel de l'ensemble des installations de Gœschenen, à la tête nord du Saint-Gothard, n'a pas été évalué à plus de 4 p. 100. Aussi, dans le projet de percement de l'Arlberg, il avait été fait une large part au travail à la

main, comme on le verra plus loin, et l'on décida d'installer de ce côté les perforateurs hydrauliques Brandt, qui consomment moins de force motrice que les perforateurs à air comprimé Ferroux, installés à l'autre tête.

Les jaugeages indiquaient que le débit de l'Alfenz et de ses affluents pouvait varier du simple au double, selon les saisons, les hautes eaux durant de mai à juillet, les eaux moyennes de juillet à septembre, et les plus basses eaux de septembre à mai. A l'altitude de 1.310 mètres, le débit de l'Alfenz pendant les eaux moyennes ne dépasse pas 1 mètre cube, et l'on reconnut la nécessité d'installer comme réserve un moteur à vapeur de la force de 100 chevaux (*).

En raison de cette pénurie de forces hydrauliques, le captage des eaux se fit dans des conditions particulièrement intéressantes, et de la manière indiquée ci-dessous (voir *fig.* 1, Pl. VIII).

Les trois services de la perforation, de la ventilation et des ateliers de réparation furent rendus indépendants les uns des autres, et actionnés par des moteurs distincts, pourvus chacun d'une canalisation d'eau spéciale.

Dans un réservoir de 1.200^{mc}, situé à Stuben, on réunit les eaux de l'Alfenz supérieur, et de ses affluents Zurs, Hopenstandobel, et Sacktobel : en ce point, le débit des eaux moyennes est de 0^{mc},500 pour l'Alfenz, 0^{mc},430 pour la Zurs ; pour les deux autres affluents réunis, il est de beaucoup inférieur aux chiffres précédents.

De ce réservoir part une conduite en tôle de 2.900 mètres de longueur ; elle s'augmente sur ce trajet d'abord des eaux de la Mors à la cote 1.406 mètres, et ensuite, à la cote 1.300, des eaux mêmes de l'Alfenz moyen, qui

---

(*) Pendant plusieurs semaines de l'hiver 1880, le débit s'abaissa de façon à ne laisser disponible qu'une force de 160 chevaux à la tête est et 60 seulement à la tête ouest.

sont reprises en cet endroit, de façon à bénéficier du débit de tous les affluents intermédiaires, que le peu d'importance de chacun d'eux ne permettait pas de capter directement.

Cette canalisation dessert uniquement les compresseurs d'eau pour la perforation, et les dimensions du réservoir de Stuben sont calculées de façon à emmagasiner le volume d'eau nécessaire à la durée entière d'une attaque. Le diamètre de la conduite est de $0^m,45$, et, à la vitesse de $1^m,50$, le débit réel est de 270 litres. La différence de niveau entre le réservoir de Stuben (1.375 mètres) et l'atelier de compression (1.215 mètres) représente une hauteur de chute de 180 mètres. La force disponible est par suite de 500 chevaux; mais, pendant l'hiver, elle s'abaisse jusqu'à 250 seulement.

Les dimensions du réservoir à Stuben sont calculées de façon à emmagasiner le volume d'eau nécessaire pour la durée d'une attaque entière à la machine.

Pour le service de la ventilation, les eaux de l'Alfenz sont reprises une troisième fois à la cote 1.260 mètres : on obtient ainsi un débit de 150 litres sous une chute utile de 90 mètres, soit une force variant de 120 à 200 chevaux. Enfin, pour les ateliers, on utilise les eaux de l'Alptobel, avec une hauteur de chute de près de 200 mètres.

Du côté est, à Saint-Anton, les conditions naturelles sont plus favorables : l'étendue du bassin de la Rosanna est double de celle du bassin de l'Alfenz, et le débit de la rivière se maintient aux environs de 3 mètres cubes, même pendant la saison des basses eaux. L'aménagement consiste dans un barrage de la rivière à la cote 1.446 mètres; une conduite en bois, de $0^{mc},80$ de section, posée sur le sol ou supportée par des chevalets, aboutit à un réservoir situé immédiatement au-dessus de la tête du tunnel, à la cote 1.436. La conduite a une longueur

de 4.250 mètres, avec une pente de 2,5 p. 1.000 seulement.

Du réservoir part la conduite d'eau sous pression, qui a 520 mètres de longueur pour une hauteur totale de chute de 132 mètres : elle consiste en tuyaux de tôle d'acier Bessemer, de $0^{m},90$ de diamètre, à deux rivures, avec joints à brides formés de cornières de même métal. Avec un débit réel de 1.000 litres, la force disponible sur l'arbre des moteurs est de 1.760 chevaux; mais, pendant la saison des basses eaux, elle s'abaisse jusqu'à 930. Elle est répartie entre les compresseurs d'air pour la perforation mécanique, et les machines soufflantes pour la ventilation. Comme moteurs, on emploie, au lieu de turbines, des machines à colonne d'eau système Mayer, de Vienne.

Un second barrage de la Rosanna, établi à 1 kilomètre seulement de l'entrée du tunnel, donne un débit de 1.180 litres, et représente, sous une hauteur de chute de 15 mètres seulement, une force disponible de 150 à 240 chevaux. Cette eau est destinée à alimenter les ateliers de réparation, ainsi qu'un groupe de compresseurs mu par des turbines.

Conditions géologiques. — Ainsi qu'il a déjà été dit, les vallées de la Rosanna et de l'Alfenz marquent la limite entre les roches cristallines du massif central, et les roches sédimentaires soulevées, qui prolongent la chaîne vers le Nord, et qui se présentent dans l'ordre de superposition suivant (*fig.* 2 et 4, Pl. VI).

1. Verucano.
2. Calcaire de Virgloria.
3. Marnes de Partnach.
4. Calcaire de l'Arlberg.
5. Schistes de Raibl.
6. Dolomie tabulaire.

7. Schistes de Kœssen.
8. Calcaire tabulaire.

Au contact immédiat des micaschistes, on rencontre un banc épais, poudingiforme, désigné sous le nom de verucano; c'est un mélange de matières schisteuses et de quartzites empâtés dans un grès quartzeux à gros grains. Les schistes sont fortement colorés en rouge; les autres éléments sont de couleur blanche ou grisâtre.

Les calcaires sont le plus souvent de couleur gris sombre; ils forment des bancs réguliers de 1 mètre de puissance et au delà, et sont susceptibles de se débiter sous forme de dalles; au voisinage des bancs marneux de Partnach, ils fournissent de la chaux hydraulique estimée.

Les schistes argileux, noirs ou grisâtres, se divisent facilement en lames minces, et sont employés en guise d'ardoises.

Enfin, les dolomies, plus ou moins altérées, se délitent facilement et constituent presque exclusivement la matière des avalanches. La présence de bancs dolomitiques au voisinage des couches calcaires est le résultat de l'action métamorphique des roches cristallines soulevantes sur les dépôts sédimentaires.

L'ensemble de ces formations appartient au trias, sauf le verucano, que les géologues autrichiens rapportent à l'époque permienne. Le tunnel, entièrement percé dans le massif du versant opposé, ne les a d'abord pas rencontrées. Il s'est constamment maintenu dans les micaschistes et les gneiss, du côté est; dans les schistes argileux, du côté ouest.

Les premiers sont nettement cristallins, parfois grenatifères, et traversés par de nombreuses veines de quartz. A partir du second kilomètre, la galerie a traversé un massif de gneiss, qui n'apparaît pas au jour. La roche est généralement dure, compacte, et se pré-

sente dans des conditions de solidité favorables à l'établissement des chantiers en arrière du front de taille. Les venues d'eau sont peu importantes.

Du côté ouest, au contraire, l'aspect de la roche est tout différent; c'est un schiste argileux, feuilleté, renfermant un grand nombre de macles, avec de rares nodules de quartz. En profondeur, on a rencontré le graphite en lits peu épais, disséminés dans le sens des feuillets. Ceux-ci sont presque toujours pliés et contournés, et portent l'empreinte d'une pression énergique. La masse est fissurée dans tous les sens; elle ne présente pas de garanties de solidité, et exige, sur presque toute la longueur de la galerie, le boisage immédiat en arrière du front de taille. Certains coups de mine ont déterminé des éboulements considérables, obligeant de suspendre tout travail à l'avancement. Par endroit, la roche est fortement décomposée et laisse passer les eaux en abondance, surtout au voisinage des ruisseaux dont le cours occupe l'axe du tunnel; elle développe en même temps des pressions d'une grande intensité, et présente ainsi un ensemble de conditions bien moins favorables à la marche des travaux que du côté est.

SYSTÈME D'ATTAQUE.

L'attaque d'un souterrain peut se faire en plaçant la galerie de direction, soit au sommet, soit à la base de l'excavation. Tant qu'on n'a eu à ouvrir que des tunnels de faible longueur, ce sont surtout des considérations géologiques qui ont déterminé le choix entre les deux méthodes. Si la roche à perforer avait tendance à se déformer sous les pressions du ciel de la galerie, il y avait avantage à construire les maçonneries par segments complets, présentant des conditions de résistance défi-

nitive, et à ouvrir la section entière du tunnel dans le plus bref délai. Il fallait, pour cela, se procurer avant toute chose un point d'appui pour les soutiens, c'est-à-dire attaquer la section par le bas. Cette première galerie achevée, on en attaque immédiatement une seconde par-dessus, puis on bat au large de chaque côté, ce qui permet de s'étayer solidement par des boisages en éventail, reposant sur le sol même de la première galerie.

Lorsque la roche, au contraire, est résistante, on a une plus grande latitude dans le choix des points d'appui, et le but principal n'est plus de construire des anneaux entiers de maçonnerie; on peut appuyer la voûte sur les parois de rocher, et exécuter la maçonnerie des piédroits après un temps plus ou moins long. On ouvre, dans ce cas, la galerie d'avancement au sommet de la section de déblai; on se fait ainsi, de suite, un plafond solide, et l'on fractionne l'opération du déblaiement en plusieurs parties qui peuvent s'exécuter sans danger et sans exiger de fortes dépenses de boisage.

Mais, dans l'attaque des longs tunnels alpins, c'est la question de rapidité d'exécution qui prime toutes les autres, et le but essentiel à atteindre, c'est que les travaux d'excavation complète suivent d'aussi près que possible l'avancement du front de taille. En concentrant les chantiers sur la moindre longueur, on se place dans les conditions les plus favorables pour la ventilation et surtout pour l'extraction rapide des déblais, de laquelle dépend en grande partie le progrès de la galerie de direction. A ce point de vue, c'est à la galerie de base qu'il convient de donner la préférence, parce que les transports se font sur la voie définitive du souterrain, et toujours au même niveau.

Le tunnel du Mont-Cenis a été attaqué de cette façon, celui du Saint-Gothard l'a été par une galerie de calotte. Le premier souterrain a été livré à l'exploitation 9 mois

après la rencontre des deux galeries; le second n'a pu l'être que 22 mois plus tard.

Au Mont-Cenis, ce fut surtout la crainte de rencontrer de fortes pressions qui détermina le choix d'une galerie de base. Au Saint-Gothard, où la roche était dure et résistante, on n'avait pas à redouter de pareilles éventualités, et ce fut le souci d'une bonne ventilation qui décida du choix de l'attaque en calotte.

La série des opérations est la suivante (*fig.* 5, Pl. VI):

1° Ouverture de la galerie d'avancement au sommet de la section de déblai.

2° et 3° Abatage en grand et ouverture complète du segment compris entre le sommet de la section et le niveau de la galerie.

Construction de la calotte de la voûte.

4° Exécution de la cunette du stross.

5° et 6° Enlèvement des stross de droite et de gauche. Exécution des piédroits.

De cette façon, tous les chantiers en arrière du front de taille peuvent être organisés dans le sens longitudinal, et les ouvriers échelonnés à deux niveaux, en contact direct avec le courant d'air.

La partie supérieure (1, 2 et 3) s'enlevait entièrement à la machine, et les chantiers étaient ventilés naturellement par l'air frais de l'échappement. L'abatage de la cunette et des stross (4, 5 et 6) se faisait en majeure partie à la main, mais on avait établi des prises d'air sur la canalisation d'air comprimé, et, en outre, l'air vicié, plus chaud, avait tendance à s'élever et à se loger dans la calotte alors achevée.

Ce plan d'organisation avait été dressé alors que l'on se trouvait sous l'impression récente de la haute température (29°) rencontrée dans la partie centrale du Mont-Cenis, et de l'influence funeste qu'elle avait exer-

cée sur la santé des ouvriers; mais il ne produisit pas les résultats qu'on était en droit d'en attendre.

Dès le troisième kilomètre, la température au front de taille dépassait 20°, et elle ne devait cesser de croître jusqu'à la fin, en dépassant 30°. En même temps, l'insuffisance de force motrice conduisait forcément, surtout pendant les mois d'hiver, à une absence presque complète de ventilation. Obligés de séjourner dans une atmosphère étouffante et viciée, les mineurs devenaient incapables d'aucun travail soutenu, tombaient malades dès les premiers jours, et la réussite de l'œuvre parut un instant sérieusement compromise.

Ainsi, entre le Mont-Cenis, percé à la base, et le Saint-Gothard, percé en calotte dans des conditions souterraines absolument comparables, on ne constatait aucune différence dans l'état thermique intérieur (*fig.* 3 et 4, Pl. VIII).

Dans ces conditions, le système d'attaque par galerie de calotte perdait non seulement l'avantage d'une ventilation facile, mais il était appelé à augmenter démesurément les causes de retard, en s'opposant à la rapide extraction des déblais, et cela à un moment où, par suite des progrès réalisés par les perforateurs Ferroux et Mac-Kean, substitués au Sommeiller, la rapidité du percement au front de taille était presque doublée.

Le transport des déblais du niveau de la galerie de direction à celui de la voie définitive du tunnel achevé, implique l'existence d'une ou plusieurs rampes de raccordement, qui doivent être déplacées au fur et à mesure de l'avancement des travaux. Il en résulte une gêne continuelle dans les communications, et une modification incessante des voies de raccordement, qui se traduisent par des arrêts correspondants dans le service des transports.

Ces mêmes rampes doivent aussi livrer passage, en sens inverse, à tous les matériaux de maçonnerie néces-

saires à l'exécution de la voûte; leur insuffisance devint si manifeste, que l'on dut recourir à des moyens mécaniques, et installer un monte-charge mobile pour faire passer les wagons directement d'un étage à un autre. Mais ces appareils étaient encombrants par eux-mêmes, d'une manœuvre difficile, d'un déplacement plus difficile encore, et ne réussirent pas à fonctionner convenablement; après plusieurs mois d'essais, on dut renoncer à les utiliser, et s'en tenir aux seuls plans inclinés (*).

(*) Le monte-charge, placé sur la voie de la cunette du stross, se compose d'un bâti fixe, formé de deux flasques disposées de chaque côté et parallèlement à la voie, et reposant sur quatre verrins qui servent à en régler la position. Ce bâti est assez large à l'intérieur pour laisser passer librement les wagons sur la voie de la cunette.

Pour les manœuvres d'ascension et de descente, on se sert d'un châssis rectangulaire qui se déplace verticalement à l'intérieur du bâti; il est muni de deux rails dont les extrémités sont taillées en biseau, de sorte que, lorsqu'il est au bas de sa course, il n'y a aucune difficulté à faire passer un wagon de la voie fixe sur ces rails.

A chacun des angles du châssis sont attachées des chaînes dont l'autre extrémité est fixée aux tiges de quatre pistons hydrauliques, placés aux angles du bâti. Ces chaînes passent sur des poulies de renvoi et un système de moufles, de façon à établir la relation exigée entre la course des pistons et celle du châssis; cette dernière est de 4 mètres.

L'introduction de l'eau comprimée sur les pistons moteurs détermine l'ascension du châssis, dont les rails se raccordent alors avec ceux de la voie des abatages.

L'appareil est calculé pour enlever un poids de 4 tonnes en plus du poids du châssis, qui est de 1 tonne.

La pression de l'eau dans les cylindres est de 30 atmosphères; la dépense totale, de 96 litres par ascension.

L'eau comprimée est fournie par deux pompes, actionnées par un cylindre à air comprimé, de la force d'un cheval-vapeur; elles donnent, en marche normale, 11 litres d'eau par minute, avec une dépense de 140 litres d'air comprimé à 5 atmosphères.

Un accumulateur emmagasine l'eau sous pression fournie par les pompes, pendant que le monte-charge ne fonctionne pas. Cet accumulateur se compose d'un piston qui se déplace dans un

Ce n'est pas seulement le transport des matériaux qui se fait avec lenteur dans ce système d'attaque, c'est aussi et surtout la mise sur wagon des matières abattues. Lorsque, après avoir excavé la calotte, il s'agit d'attaquer l'étage inférieur, soit qu'on le prenne avec une cunette de stross (*fig.* 6) ou sans cunette (*fig.* 7, Pl. VI), la première attaque se fait nécessairement par des fouilles *aa* en contre-bas de la voie de service V; il faut charger les déblais sur la banquette *bb*, et les reprendre ensuite pour la mise sur wagon, l'effort de l'homme s'exerçant toujours de bas en haut. En cas de venue d'eau, il est impossible de procéder à l'épuisement, et il n'était pas rare de voir au Saint-Gothard les mineurs travailler dans l'eau jusqu'à mi-jambes.

On conçoit facilement que, dans de telles conditions, les chantiers d'élargissement se soient allongés outre mesure en arrière de la galerie de direction. Au moment où celle-ci fut percée, les retards d'exécution sur les délais prévus au cahier des charges étaient de

600	mètres pour	le battage au large,
1.350	—	la cunette du stross,
2.160	—	le stross.

La galerie de direction elle-même avait un retard de 400 mètres, le percement ne s'étant effectué que le 1er mars 1880 au lieu du 31 décembre 1879.

---

cylindre vertical, chargé d'un poids correspondant à la pression de 30 atmosphères, qui agit à la surface. Le piston se soulève d'une quantité proportionnelle au volume de l'eau introduite, et la restitue au monte-charge quand on ouvre le robinet d'ascension. Le volume total d'eau emmagasinée est de 120 litres et suffit largement à une ascension.

La charge compensatrice, suspendue au chapeau du piston, est de 20 tonnes, et consiste en saumons de plomb. Au fur et à mesure de l'avancement des travaux, on est obligé d'enlever cette charge à la main, pour faciliter le déplacement de l'appareil.

A l'Arlberg, où l'épaisseur du massif superposé ne dépasse pas 500 mètres, au lieu de 1.600 qu'elle atteignait dans les deux souterrains précédents, on ne devait pas s'attendre à rencontrer ces températures élevées de 30°, qui paralysent complètement les efforts de l'homme. La question de température n'était donc que secondaire, et l'organisation des travaux s'inspira surtout de la pensée de concentrer les chantiers sur la moindre longueur, en terminant aussi rapidement que possible les maçonneries de la section entière du tunnel. On a déjà vu que la nature des roches traversées rendait cette précaution indispensable.

Ce fut donc la galerie de base que l'on adopta comme galerie de direction. Une autre raison de ce choix, c'est qu'à la tête ouest, où les forces motrices naturelles menaçaient d'être insuffisantes, on avait décidé de substituer au perforateur à air comprimé le perforateur à eau comprimée, qui consomme moins de force. Or, ce dernier perce des trous de $0^m,07$ à $0^m,08$ de diamètre, qu'on charge avec des cartouches de dynamite de 20 à 30 kilogrammes : il devient alors indispensable de percer la galerie à la base, pour éviter les dislocations que ces fortes charges produiraient dans le ciel du souterrain.

Le travail fut, par conséquent, organisé de la manière suivante :

1° *Tête est.* — De ce côté, la roche est relativement solide, et l'on n'a pas à craindre d'éboulements immédiats. On donne à la galerie de direction $2^m,75$ de large sur $3^m,50$ de hauteur. Tous les 60 mètres environ, on pratique au toit de cette galerie un puits vertical qu'on pousse jusqu'à la voûte du tunnel (voir la série des opérations, *fig.* 8, Pl. VI), et qui sert à l'ouverture d'une seconde galerie, dite galerie de calotte, de $2^m,00$ sur $2^m,50$, superposée à la première, et séparée d'elle par un massif de

roche laissé intact, et qu'on fait tomber en même temps que l'on bat au large.

A mesure que les fronts de taille de la galerie de calotte s'éloignent du puits d'amorçage, on perce dans le massif laissé intact des trous verticaux, sous lesquels les wagons viennent se placer dans la galerie de base pour recevoir les déblais.

Les deux galeries une fois ouvertes, on bat au large pour donner à l'excavation la forme de la calotte. Le boisage s'effectue à l'aide de chandelles reposant sur une longue poutre horizontale qui s'appuie elle-même sur le stross encore intact, au moyen d'une saignée pratiquée à l'avance. Pour la facilité de la manœuvre, on compose cette poutre de deux pièces distinctes assemblées. A mesure qu'on procède à l'abatage du stross, on la soutient sans difficulté par une nouvelle ligne de chandelles.

On commence la maçonnerie par les piédroits; pour la voûte, on emploie des cintres métalliques formés de deux demi-cercles en fer, réunis par une éclisse et reposant sur des sabots métalliques encastrés dans la roche. On n'emploie la pierre de taille qu'exceptionnellement et dans les parties exposées à de très fortes pressions. La pierre courante est le micaschiste brut, qui se débite facilement à la carrière sous forme de dalles de grandes dimensions.

Dans les conditions normales de travail, le déblaiement d'un anneau complet, de 6 à 8 mètres de largeur, s'effectue en 20 jours et la maçonnerie en 14.

2° *Tête ouest.* — Du côté ouest, la mauvaise tenue des roches a obligé d'apporter des modifications profondes à la marche du travail. La section de la galerie de base a dû être ramenée à $2^{m},20$ de côté pour l'attaque à la machine, et portée ensuite à ses dimensions normales par le travail à la main. Cette mesure avait pour but

d'éviter autant que possible les fortes dislocations, et malgré cela, l'attaque du front de taille fut souvent interrompue par des éboulements dans la galerie de direction. Le soutènement de la petite galerie se fait de suite avec des cintres métalliques; la seconde galerie est solidement boisée (voir la série des *fig.* 5, Pl. VIII).

Les puits verticaux pour l'attaque de la galerie de calotte sont percés tous les 24 mètres, et l'on en soutient le boisage sur deux rangées de poutres transversales ; mais, dans la roche tout à fait ébouleuse, on supprime totalement ces poutres, et on fait reposer les chandelles sur le sol même de la galerie de direction. Ces pièces de bois, ainsi disposées en éventail, ont des longueurs de 7 à 8 mètres et des diamètres qui dépassent $0^{m},40$: le spectacle en est vraiment beau.

La *fig.* 2, Pl. VII, indique les épaisseurs de maçonnerie dans la traversée de ces terrains; elle est de $1^{m},20$ à la clef, et la voûte entière est faite en pierres de taille.

A part le cas de traversée de terrains exceptionnellement ébouleux, le système qui vient d'être décrit a permis de faire suivre le tunnel complètement achevé à moins d'un kilomètre de front de taille, et d'organiser les services avec une grande facilité. Les conduites d'air et d'eau pénètrent facilement, en reposant partout sur le sol de la galerie, jusqu'au front de taille, seul point qu'elles desservent, toute la série des opérations, sauf celle de l'attaque en direction, se faisant à la main.

L'installation d'une conduite spéciale pour l'air destiné à la ventilation a permis d'établir sur le parcours autant de branchements qu'il était nécessaire pour aérer la galerie de calotte sans influencer la marche de la perforation. Il est évident, en effet, que, si l'on était exposé à rencontrer de hautes températures, les ouvriers qui travaillent aux étages supérieurs ne profitent pas de la circulation d'air frais, l'air chaud et les gaz de la combus-

tion ayant tendance à s'élever et à remplir les chambres; mais, à l'Arlberg, la question thermique ne joue qu'un rôle secondaire, et la quantité d'air frais envoyée suffit amplement à maintenir une température, qui dépasse rarement 15 à 20° centigrades, c'est-à-dire qu'elle n'est pas de plus de 3° supérieure à celle de la galerie de base (*).

Les travaux d'excavation ne se faisant jamais en contre-bas des voies de service, les eaux ne peuvent pas s'amasser et rester à l'état stagnant, ce qui est encore un avantage, car il avait été constaté au Saint-Gothard

(*) Au tunnel du Pfaffensprung, où le système d'attaque était le même qu'à l'Arlberg, les conditions de température et de ventilation se trouvaient aussi sensiblement égales, puisque, d'une part, la hauteur du massif superposé ne dépassait pas 450 mètres, et que, de l'autre, le service de ventilation était indépendant de celui de la perforation mécanique, et se faisait au moyen des compresseurs d'air installés au début pour les perforateurs Frohlich.

Au moment de la rencontre, la galerie de base mesurait 990 mètres, la température de l'air au front de taille était de 20°, celle de la roche 22, et celle de l'air dans les attaques de la galerie de faîte 23°.

D'après des observations très intéressantes résumées dans l'*Eisenbahn*, la température de ces chantiers, qui ne communiquent que par une étroite cheminée avec la galerie de circulation générale peut être considérée comme étant égale à celle de la roche, augmentée de la chaleur dégagée par les gaz de l'explosion, la combustion des lampes, la respiration, etc. L'air de la conduite, après un long parcours dans la galerie, n'arrive qu'avec une température qui est rarement de plus de 10° inférieure à celle de la roche, et son pouvoir réfrigérant est diminué d'autant. Dans une chambre de 100^{m3} de capacité, il faudrait envoyer 27^{m3} d'air par minute pour maintenir la température pendant le travail égale à celle de la roche; et, pour la ramener à 5° seulement au-dessous, il n'en faudrait pas moins de 38^{m3}. Ces chiffres sont hors de proportion avec les ressources dont on dispose généralement, et indiquent le danger du système dans le cas d'un massif superposé de grande épaisseur. Il devient alors indispensable de procéder par gradins renversés, comme au Mont-Cenis.

que la présence de nombreuses flaques d'eau retardait d'une manière sensible la vitesse de sortie du mauvais air. Les eaux, d'ailleurs peu abondantes, sont recueillies dans la galerie de direction, à l'extrémité de laquelle l'aqueduc du tunnel les reçoit et les évacue régulièrement.

Ce qui différencie essentiellement le procédé de l'Arlberg de celui du Mont-Cenis, c'est l'application au premier de cheminées verticales pour attaquer la galerie de faîte, en laissant entre elle et la galerie de base un massif de roche intact, qui ne disparaît qu'au moment du battage au large. Cette précaution a été prise dans le but de réduire autant que possible les chances d'éboulements. Au Mont-Cenis, où la roche était plus solide, on attaquait la seconde galerie en se plaçant immédiatement sur les chapeaux des cadres de la galerie de base, et l'on s'élevait ainsi jusqu'à la calotte par deux ou plusieurs attaques superposées. Le travail présentait alors exactement l'aspect d'une attaque par gradins renversés. En outre, dans toutes les galeries, on travaillait à la machine.

Pour les transports, on se sert de locomotives à vapeur, pouvant remorquer, sur la rampe de 15 p. 1.000, un poids brut de 50 tonnes, et disposées de façon à pouvoir être transformées en machines sans feu pendant la durée de leur séjour dans le tunnel. A cet effet, la vapeur d'échappement est dirigée dans un tuyau extérieur à la cheminée; celle-ci est hermétiquement fermée, ainsi que le cendrier, et la chaudière est munie d'un revêtement mauvais conducteur qui la met à l'abri des déperditions de chaleur.

Du côté ouest, grâce à la pente de 15 p. 1.000, l'extraction des déblais se fait par la simple action de la gravité, sans le secours du moteur. Chaque wagon, après avoir reçu son chargement, est lancé isolément sur la

voie, et confié à la surveillance d'un ouvrier, qui agit sur le frein de manière à modérer la vitesse acquise en temps utile, ou à produire l'arrêt complet suivant les besoins.

Du côté est, la pente n'est pas suffisante pour déterminer le départ des wagons chargés, et les transports doivent se faire au moyen de convois remorqués par les locomotives. Seulement, comme celles-ci ne peuvent pas pénétrer dans la partie du tunnel en construction, il en résulte que les ouvriers ont à conduire les wagons pleins à proximité du moteur, et ceux qui arrivent du front de taille parcourent ainsi près d'un kilomètre. L'inconvénient de cette manœuvre n'était pas excessif sur les quatre premiers kilomètres, où la pente de 2 p. 1.000 est dans le sens des wagons chargés; mais il n'en fut plus de même lorsque, cette limite atteinte, le front de taille pénétra dans la section à pente de 15 p. 1.000, en sens inverse du mouvement.

On imagina alors de faire agir directement la machine sur tous les wagons sans exception, au moyen de l'artifice suivant (*fig.* 1, Pl. VII): en tête de la partie achevée du tunnel, se trouve une voie de garage, longue d'un kilomètre, destinée à remiser une *chaîne* de même longueur. Cette chaîne est constituée par une série de poutres en bois, de 10 mètres de longueur chacune, fixées sur des wagonnets, et reliées entre elles à la manière des wagons ordinaires de terrassements. La locomotive, en entrant dans le tunnel, vient prendre en bout la chaîne, et la pousse devant elle. Celle-ci s'engage alors par son autre extrémité dans la voie des chantiers et de la galerie de direction, et on lui rattache des wagons isolés au fur et à mesure de son avancement, jusqu'au front de taille, où le convoi se complète. Pour ramener ce convoi et la chaîne en arrière, trois machines s'attellent à la chaîne et la tirent sur sa voie de garage; quand le train est arrivé en

tête de la partie achevée, la traction est reprise dans les conditions normales. Pendant la manœuvre, les ordres sont transmis de l'extrémité avant au machiniste par des ouvriers échelonnés sur les wagonnets-supports de la chaîne.

Il n'est pas sans intérêt de signaler, avant de terminer ce chapitre, une variante de la méthode d'attaque par galerie de calotte, appliquée avec succès dans les souterrains à forte rampe, ainsi que l'influence de la déclivité sur la rapidité d'avancement. C'est le cas, par exemple, des tunnels des lignes du Saint-Gothard, qui sont tous en rampe continue de 23 p. 1.000 dans la direction du grand tunnel.

Soit A (*fig.* 6, Pl. VIII) la galerie de calotte, B la partie complètement excavée; le stross de gauche G est resté intact et porte la voie générale de service W; il se termine, comme d'habitude, par un plan incliné P, qui rejoint la voie définitive. Pour attaquer le déblaiement du stross de droite D, on commence par ménager à l'arrière de chaque chantier un plan incliné à 3 p. 1.000 sur l'horizontale, et qui, par suite, s'enfonce de 20 p. 1.000 relativement à la pente du tunnel. On l'arrête en *i*, au niveau du sol définitif, et on attaque alors le front de taille à pleine section, en suivant la pente de 23 p. 1.000.

L'établissement de ce plan incliné présente deux avantages : il assure d'abord l'écoulement naturel des eaux. et permet ensuite l'établissement d'une voie de service *vv*, qui s'aiguille sur la voie V, et se prolonge au fur et à mesure de l'avancement du front de taille. De cette façon, on remédie promptement à l'un des plus graves défauts reprochés au système, d'obliger, pour l'excavation du strass, à des manutentions intermédiaires des déblais.

Avec le système d'attaque par le bas, au contraire (*fig.* 6 *bis*, Pl. VIII), l'un des chantiers de la galerie de faite

se trouve toujours exposé à être noyé, et l'épuisement, s'il y a lieu, doit être fait par des moyens artificiels.

Cette variante a été appliquée au tunnel rectiligne du Monte-Cenere, qui présente une rampe continue de 23 p. 1.000 sur toute sa longueur, de 1.675 mètres, et sur tous les tunnels hélicoïdaux, sauf celui du Pfaffensprung, où la galerie de faite a été remplacée par une galerie de base, après l'adoption du perforateur Brandt.

Cette disposition, qui réussit pour l'attaque en rampe, cesse d'être applicable dans le cas de l'attaque en pente, et c'est alors au front de taille même que les eaux s'accumulent, et entravent d'une manière constante la marche de la perforation. Ces retards sont mis en évidence par le tableau ci-dessous, qui donne les longueurs percées en rampe et en pente, avec des installations mécaniques identiques.

TUNNELS.	DÉCLIVITÉ.	LONGUEUR totale en mètres.	LONGUEUR PERCÉE en rampe. — Attaque inférieure.	LONGUEUR PERCÉE en pente. — Attaque supérieure.
Freggio.....	23 p. 1000	1563	1033	530
Piano-Tondo...		1494	1062	436
Travi.......		1545	1080	465

Le rapport des vitesses varie du simple au double.

Aux attaques supérieures, l'abondance des eaux a souvent interrompu tout travail pendant plusieurs jours consécutifs, et l'on ne pouvait guère marcher en moyenne à plus d'un poste de forage par jour.

Dans les tunnels ci-après, qui ont été exclusivement percés à la main, il est curieux de constater que la vitesse des deux attaques, contrairement aux résultats de la perforation mécanique, s'est maintenue sensiblement égale.

TUNNELS.	DÉCLIVITÉ.	LONGUEUR totale en mètres.	LONGUEUR PERCÉE en rampe. — Attaque inférieure.	LONGUEUR PERCÉE en pente. — Attaque supérieure.
Wattingen....	23 p. 1000	1090	582	508
Leggisten....		1095	583	512
Prato.......		1555	882	675

Dans le tunnel du Monte-Cenere, qui est aussi en pente constante de 23 p. 1.000, la perforation mécanique a été installée au front de taille montant et a percé 1.278 mètres, tandis que le chantier descendant, pour lequel il n'avait d'ailleurs été fait aucune installation mécanique, en a percé dans le même temps 395 seulement. Les tableaux précédents montrent en effet qu'il y a tout avantage à pousser l'attaque dans le sens de la rampe, ce qui s'accorde aussi également bien avec les conditions exigées pour l'application de la variante du système d'attaque en calotte.

SYSTÈME DE PERFORATION.

L'intérêt principal qui s'attache au percement de l'Arlberg consiste dans la possibilité d'établir une comparaison entre les résultats des systèmes de perforation : par l'air comprimé employé à la tête est (perforateur Ferroux); par l'eau comprimée, employé à la tête ouest (perforateur Brandt).

Ces deux appareils ont été décrits séparément dans des articles précédents, et leur mécanisme n'a subi aucune modification importante.

Au moment de l'organisation de l'attaque, les états de service, — si l'on peut s'exprimer ainsi, — des deux appareils étaient les suivants :

Perforateur Ferroux. — Ce perforateur avait fonc-

tionné sans interruption à la tête nord du Saint-Gothard, en recevant successivement d'importantes modifications qui lui avaient permis de lutter victorieusement avec diverses autres perforateurs mus également par l'air comprimé, et essayés dans le tunnel. Seul, le perforateur Mac-Kean s'était maintenu au front de taille sud, en forant 6.180 mètres de galerie contre 6.600 forés par la machine Ferroux dans le même intervalle de temps (juillet 1874-février 1880).

Les résultats de la perforation à Gœschenen sont consignés dans le tableau (*fig.* 4, Pl. X); ils indiquent que l'avancement trimestriel en marche normale pouvait être évalué sans exagération à 300 mètres, et que, pour l'Arlberg, ce chiffre, vu la moindre dureté de la roche, pouvait être considéré comme un minimum.

Perforateur Brandt. — Sur la rampe d'accès nord de la ligne du Saint-Gothard et à la tête nord du tunnel hélicoïdal du Pfaffensprung, on avait installé un atelier de compresseurs d'air actionnant des perforateurs Frohlich; mais on ne réussit pas, avec cet appareil, à réaliser un avancement de plus de $1^m,00$ à 1,20 par jour, ce qui était insuffisant pour assurer le percement dans les délais prescrits. La roche était un gneiss granitoïde exceptionnellement dur.

On se décida alors à substituer au perforateur Frohlich le perforateur Brandt, qui avait déjà donné des résultats satisfaisants au tunnel de Sonnstein, et que l'inventeur s'engageait à installer à ses frais, en garantissant un avancement minimum. Dès le début du travail, le progrès obtenu fut de 52 mètres en vingt-cinq jours, soit 2 mètres par jour; le mois suivant, on réalisait encore 60 mètres en vingt-huit jours, soit une moyenne de $2^m,14$. Les résultats obtenus depuis lors jusqu'à la fin du percement sont consignés dans le tableau ci-dessous :

MOIS.	NATURE DE LA ROCHE.	AVANCEMENT PAR MOIS.		
		Total en mètres.	Journalier.	
			Maximum.	Moyen.
1880. Juillet....	Gneiss granitoïde très dur.	43,00	2,30	1,40
Août.....	Gneiss granitoïde très dur.	59,70	3,60	1,92
Septembre.	Gneiss granitoïde très dur.	52,20	2,80	1,74
Octobre...	Gneiss granitoïde très dur et compact........	53,10	2,80	1,72
Novembre..	Gneiss granitoïde très dur et compact........	48,50	2,10	1,62
Décembre..	Gneiss granitoïde dur....	55,50	3,30	1,80
1881. Janvier...	Id. très dur.	64,00	4,00	2,06
Février...	Id. très dur.	56,00	2,70	2,00
Mars.....	Id. dur....	51,70	2,80	1,90

Ces résultats, tout à l'avantage du nouveau système de perforation, permettaient de prévoir que, dans des roches de dureté ordinaire, l'appareil serait en mesure de réaliser des avancements égaux, sinon supérieurs, à ceux des meilleurs perforateurs à air comprimé.

Pour achever la comparaison des deux systèmes, il importe d'établir aussi la dépense de force et le rendement de chacun d'eux, la consommation de dynamite, etc.

Dépense de force. — 1° **Perforateur Ferroux.** — L'air comprimé agit à pleine section sur la face postérieure du piston pour envoyer le fleuret contre la roche. Le recul s'opère par l'admission de l'air sur la face antérieure, dans l'espace libre entre le cylindre et la tige porte-fleuret. Il n'y a pas de période de détente.

Les éléments de calcul sont relevés d'après les données du diagramme (*fig.* 3, Pl. VII).

1° Course-avant :

Section du cylindre........	$\pi R^2 = 0^{mq},00866$
Tension moyenne de l'air.....	3 atmosphères
Pression en kilogr. sur le piston.	$0,00866 \times 3 \times 10,333 = 268^k,46$
Nombre moyen de coups par min.	380
Force en chevaux.........	$\frac{268,46 \times 0,102 \times 450}{60 \times 75} = 2^{ch},60$

2° Course-arrière

Section annulaire de pression. .	$\pi(R^2 - r^2) = 0,00481$
Pression sur le piston.	$149^k,11$
Force en chevaux.	$\frac{149,11 \times 0,102 \times 450}{60 \times 75} = 1^{ch},49$
Force totale par coup.	$2,60 + 1,49 = 4^{ch},09$

Pour avoir la dépense de force correspondante exigée sur le moteur, il faut tenir compte de l'effet utile

1° Du perforateur;

2° De la conduite d'air comprimé;

3° Du compresseur d'air;

4° Du moteur.

L'effet utile du perforateur a été évalué à 75 p. 100.

L'effet utile des compresseurs, pour une pression absolue de sept atmosphères, a varié, pendant des expériences spéciales, de 0,74 à 0,78, soit 75 p. 100.

Le moteur est une turbine, qui marche sous une charge nette de 73 mètres d'eau, et réalise, avec un volume de 480 litres, une force de 325 chevaux. Son rendement est, par suite, de 70 p. 100.

Il reste à évaluer les pertes de pression dans la conduite d'air comprimé. Or, pour une tension de 5,7 à 6,5 atmosphères au réservoir, la tension au front de taille n'a pas été constatée supérieure à 2,5 et même 2,2 atmosphères ; dans la dernière période du percement, elle s'abaissait même de 6,75 à 1,85 seulement. Le rendement, dans ces conditions, n'a pas été évalué à plus de 45 p. 100.

L'effet utile d'ensemble des installations est donc en résumé

$$0,75 \times 0,75 \times 0,70 \times 0,45 = 0,177,$$

et la dépense totale de force par chaque perforateur est par suite

$$\frac{4,09}{0,177} = 23 \text{ chevaux.}$$

Comme il y a six perforateurs en marche simultanée, la force strictement nécessaire pour le service de la perforation est de 120 chevaux.

2° **Perforateur Brandt.** — Le foret est constamment maintenu en pression contre la roche par l'eau qui agit sur la face postérieure du piston. Le mouvement de rotation s'obtient au moyen de deux petits moteurs hydrauliques actionnant, par une vis sans fin, une roue dentée qui fait corps avec le cylindre. La section de la tige du piston des moteurs est la moitié de la section du cylindre ; la dépense d'eau n'est que d'une cylindrée par double course du piston (*) (*fig.* 4, Pl. VII).

Section de pression effective. .	$\pi r^2 = 0^{mq},0015$
Dépense d'eau des deux moteurs par tour.	$2 \times 0,0015 \times 2 \times 0,06 = 0^{l},360$
Pression de l'eau.	100 atmosphères
Pression sur le piston en kilog.	$100 \times 10,336 \times 0,0015 = 1150^{k},40$
Nombre de tours.	250
Force en chevaux.	$\frac{2 \times 0,06 \times 1550,40 \times 250}{60 \times 75} = 14^{ch}$

Il n'a pas été fait encore, pour la recherche de l'effet utile du perforateur hydraulique, des expériences aussi complètes que celles exécutées au Saint-Gothard pour le travail à l'air comprimé. D'après les essais faits au tunnel du Sonnstein, il paraît cependant hors de doute que la perte de pression est beaucoup moindre dans les conduites d'eau à haute pression que dans les conduites d'air, et que l'on peut prendre comme base des évaluations les chiffres suivants :

(*) Le fonctionnement très intéressant de ces moteurs est décrit d'une façon détaillée dans un mémoire de M. Bunau Varella, ingénieur des ponts et chaussées, publié dans la *Revue générale des chemins de fer*.

Effet utile du perforateur.	......	0,70
—	du compresseur d'eau. . .	0,80
—	de la conduite d'eau. . . .	0,80
—	du moteur.	0,70
—	de l'installation complète.	$0,7\times0,8\times0,8\times0,7=31$

La force totale exigée par perforateur est donc

$$\frac{14}{0,31}=45 \text{ chevaux.}$$

et, comme il y a deux machines en marche simultanée, la force motrice nécessaire à la perforation est de 90 chevaux seulement.

Ces résultats, pour être strictement comparables à ceux du perforateur Ferroux, devraient certainement être modifiés dans le sens d'une augmentation de la dépense. En effet, le perforateur Brandt n'a donné le résultat ci-dessus que pour une distance des têtes de 1.500 mètres au plus, tandis que les expériences qui ont servi de base à l'établissement du rendement par l'air comprimé portent sur des longueurs doubles et même triples de la précédente (*). Bien que les résultats obtenus à l'Arlberg

(*) Le perforateur Ferroux a été employé lors de la réfection de l'entrée nord du tunnel du Mont-Cenis, nécessitée par les mouvements de terrains qui se produisaient dans les dépôts glaciaires de la surface, au travers desquels le percement avait été effectué à l'origine. Le tunnel dût être abandonné sur les 500 premiers mètres, et on y substitua une nouvelle galerie de 1575 mètres de longueur, entièrement percée dans les schistes chloriteux et les grès anthracifères du terrain houiller.

L'installation se composait d'une turbine de 80 chevaux, fonctionnant sous une chute effective de 60 mètres, avec un débit de 170 litres, et actionnant des compresseurs d'air Colladon, qui produisaient 3.300 litres d'air à 4,5 atmosphères. La pression mesurée au front de taille était de 3,5, soit une perte de pression de 1 atmosphère pour un trajet de 1.500 mètres, ce qui fait ressortir l'effet utile de la conduite à 75 p. 100. Ce chiffre est par suite inférieur à celui constaté pour la conduite d'eau du Sonnstein (80 p. 100), qui se trouvait dans des conditions de longueur comparables.

n'aient pas encore été indiqués, il semble hors de doute que les pertes d'eau et de pression sont bien moindres dans les conduites d'eau que les pertes d'air et de pression dans les conduites d'air, et comme c'est là le facteur de beaucoup le plus important dans l'évaluation de la dépense, il en résulte que l'emploi du système à eau comprimée présente une réelle économie de force.

Consommation de dynamite. — Le perforateur à percussion, mu par l'air comprimé, creuse des trous de $0^m,03$ de diamètre. Le perforateur hydraulique creuse des trous de $0^m,07$ à $0^m,08$ de diamètre: il agit par rodage; la tige du foret est à section annulaire, et permet par suite de retirer des noyaux pleins ou témoins, comme avec les appareils de sondage au diamant. Dans une galerie de 6 mètres carrés de section environ, il faut pratiquer pour l'abatage de 18 à 26 trous de mine avec le perforateur Ferroux, de 6 à 8 avec le perforateur Brandt.

Le premier système exige une consommation, par mètre d'avancement, de 16 à 22 kilogrammes de dynamite; le second, de 10 à 14 seulement. On se rend d'ailleurs aisément compte *a priori* de l'avantage des grands diamètres, en remarquant qu'à égalité de charge, l'effet produit par l'explosion des gaz est proportionnel à la section du trou de mine.

Fréquence des réparations.— D'importants progrès ont été également réalisés dans la construction des machines.

Le tableau ci-dessous indique la proportion pour cent — et par mois — des machines ayant nécessité des réparations aux chantiers du Saint-Gothard.

Ferroux.				Mac-Kean.			
p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100	p. 100
12,90	4,10	3,6	2,22	10,42	4,21	7,47	8,52
10,90	2,29	3,10	4,95	10,90	7,69	2,14	7,47
10,40	2,61	2,75	3,03	7,95	7,20	4,38	5,10
10,00	3,57	3,45		9,47	8,20	5,26	
6,15	4,6	1,29		6,20	9,56	9,80	

On voit par ce tableau que la machine Mac-Kean est restée sensiblement stationnaire, tandis que la proportion des réparations à la machine Ferroux a été en diminuant d'une façon marquée.

Les réparations à la machine Brandt sont rares et peu importantes ; son mode de fonctionnement la met à l'abri des chocs violents, qui sont l'une des causes principales de détérioration. L'appareil, solidement fixé sur sa colonne de serrage, fonctionne presque sans bruit et avec une grande douceur d'allure. Enfin, l'emploi de l'eau comme moteur a pour effet de maintenir constamment les organes de la machine dans un état de lubréfaction suffisant pour empêcher tout dépôt de poussières, tandis qu'au contraire, par l'emploi de l'air comprimé, le perforateur est toujours recouvert de poussière sèche, qui le met rapidement hors d'usage.

A l'Arlberg, le perforateur Ferroux doit retourner à l'atelier après quatre jours de travail en moyenne, après avoir creusé environ 100 trous de mine ; la machine Brandt, au contraire, reste normalement en marche pendant un mois et fore 2.000 mètres sans avoir besoin de réparations.

Le système Brandt présente encore l'avantage d'une grande facilité d'installation au front de taille. Cette installation ne comporte qu'une seule colonne de serrage placée horizontalement en travers de la galerie, sur laquelle sont fixés quatre perforateurs, dont deux en marche continue. Le front de taille est ainsi complètement dégagé, les ouvriers peuvent circuler autour des machines, et surveiller l'approfondissement des trous avec la

plus grande facilité. Il suffit de deux hommes par machine, l'un qui règle l'introduction de l'eau motrice, l'autre qui change les tiges et les forets au fur et à mesure de l'usure ou de l'avancement. La colonne de serrage est elle-même facilement manœuvrée par trois ou quatre hommes au plus; son poids est de 150 kilogrammes. Celui du perforateur seul est de 120; muni du foret et des tiges d'allongement, il en pèse 300.

L'affût des perforateurs à air comprimé exige, au contraire, pour recevoir les six machines travaillant à une attaque, des dimensions et un poids considérables. Sa longueur est de 3^{m},75, sa hauteur 1^{m},50; sa plus grande largeur 1^{m},65: il rend donc presque impossible la circulation des ouvriers au front de taille. Son poids, sans les perforateurs, est de 2.400 kilogrammes; le poids de chaque machine est de 180. Pour six machines en marche, il faut un personnel de douze hommes au front de taille. Il est, en outre, à remarquer qu'immédiatement en arrière de l'affût, doit stationner encore un réservoir encombrant pour injecter l'eau dans les trous de mine.

Les deux modes d'installation sont représentés *fig.* 5 et 6, Pl. VII.

MARCHE DU TRAVAIL.

Comme il a déjà été dit, la galerie de direction seule est percée à la machine; tous les autres travaux d'abatage sont faits à la main. Au moment où l'exécution du tunnel fut décidée, on avait pris pour base des évaluations un avancement au front de taille de 3 mètres par vingt-quatre heures, représentant par suite 270 mètres par trimestre à chaque tête, ou 1.080 mètres par an. La durée du percement eût été dans ce cas de cinq années au moins. Pour abréger cette durée, on projeta d'ouvrir

une galerie auxiliaire de 1.160 mètres de longueur, qui viendrait déboucher à peu près vers le milieu du tunnel, et procurerait ainsi deux nouveaux points d'attaque, permettant de réaliser une économie d'une année. Ce travail fut mis en adjudication avant celui du tunnel proprement dit; mais les offres furent jugées inacceptables, et l'on résolut de s'en tenir à l'attaque par les deux têtes. Seulement, on reconnut la possibilité, en consacrant toute la force motrice disponible exclusivement au percement du front de taille, en adoptant pour le côté le plus pauvre en ressources hydrauliques le système qui consomme le moins de force, et en séparant le service de la perforation de celui de la ventilation, on reconnut la possibilité d'obtenir, dans les roches de l'Arlberg, un avancement minimum de 3^{m},30 par jour, et l'entreprise fut définitivement adjugée sur cette base.

Aux termes du contrat, les entrepreneurs doivent fournir dans la galerie de base un avancement d'au moins 3^{m},30 par jour, et l'exécution complète du tunnel ne doit pas suivre à plus de cent quatre-vingts jours de distance. Chaque jour de retard, tant sur l'avancement en galerie que sur l'excavation complète, entraîne une pénalité de 800 florins(*); chaque jour gagné, une prime égale. Les autres travaux, tels que galerie de calotte, battage au large, maçonneries, doivent également avancer de 3^{m},30 par jour. La galerie de faîte ne doit pas rester en arrière de la galerie de base de plus de 100 mètres, et la longueur de la partie en chantiers dans le tunnel ne doit pas être de plus de 600 mètres en arrière du front de taille.

Le gouvernement autrichien s'engageait à remettre aux entrepreneurs les installations de chaque tête en

(*) 2.000 francs. La pénalité était de 5.000 francs au Saint-Gothard.

parfait état, et à veiller, pendant toute la durée des travaux, à leur bon fonctionnement. Cette mesure avait été prise en vue d'éviter le retour des faits constatés au Saint-Gothard, où l'entreprise, chargée elle-même du choix et de l'installation des appareils, avait, par suite d'embarras financiers et autres, failli compromettre la marche du percement. Si pareil fait se renouvelait à l'Arlberg, le gouvernement, resté propriétaire des installations, se réservait la ressource de continuer au besoin le travail en régie, ou de le transmettre à une autre entreprise sans interruption de marche.

Le contrat devenait exécutoire à partir du 1er février 1881, et le tunnel devait être livré à la circulation dans l'automne de 1885.

L'avance gagnée sur cette dernière date est considérable; la galerie de direction a été percée de part en part le 13 novembre 1883, c'est-à-dire en trois années à peine, et le tunnel entier achevé bien avant l'automne 1884, soit un gain de plus d'une année.

Le tableau graphique (*fig.* 7, Pl. VII) donne le résultat quotidien de l'avancement au front de taille jusqu'au 30 septembre 1883; les abscisses représentent les temps, et les ordonnées les progrès journaliers. La courbe en traits pleins se rapporte au perforateur Ferroux; celle en traits ponctués, au perforateur Brandt.

Le premier s'est constamment maintenu au-dessus de la limite imposée de $3^{m},30$, et il a atteint près de 7 mètres d'avancement maximum.

Le perforateur Brandt, surtout pendant la première année, s'est maintenu plutôt au-dessous de la limite; mais, à partir de 1882, les résultats ont été aussi satisfaisants que ceux du perforateur Ferroux.

Les retards de la première année ne sont pas imputables à l'appareil, mais à la mauvaise tenue des roches perforées, qui obligeaient de réduire les dimensions de

la galerie, ainsi que la vitesse de la marche de la machine, à l'effet d'éviter les trop fortes dislocations, et, malgré ces précautions, les éboulements interceptèrent plusieurs fois la galerie en arrière du front de taille, en obligeant de suspendre le travail pendant plusieurs jours consécutifs.

Le tableau ci-dessous donne l'état des travaux à diverses périodes :

DATES.	TÊTE EST.		TÊTE OUEST.	
	Mètres.	Observations.	Mètres.	Observations.
1880. 1er novembre.	203,00	Commencement du travail à la machine.	213,00	Même observation.
1881. 1er février. . .	433,00		418,30	
1er juin.	918,80		738,90	
1er octobre. . .	1.267,50		1.061,80	
1882. 1er janvier. . .	1.857,80	Avance à cette date sur la longueur d'après contrat : 223 mètres.	1.362,30	Retard à cette date sur la longueur d'après contrat : 148 mètres.
1er avril. . . .	2.337,80		1.777,40	
1er juillet. . . .	2.839,60		2.203,90	
1er octobre. . .	3.306,30	Avance id. : 1133 m.	2.643,00	Avance id. : 467 m.
1883. 1er janvier. . .	3.772,00		3.041,00	
1er juillet. . . .	4.723,70		3.998,80	
13 novembre.				

Quant aux avancements journaliers moyens, ils ont été les suivants, aux diverses époques du percement :

	FERROUX.	BRANDT.
	mèt.	mèt.
Avancement jusqu'au 1er janvier 1881.	2,70	2,81
Avancement moyen de 1881.	4,77	3,47
Avancement moyen général au 1er mars 1882.	4,80	3,59
— — juin. . . .	4,44	5,16
— — juillet. . .	5,53	4,78
— — août. . . .	4,55	5,16
— — septemb. .	5,16	4,84
— — avril 1883.	6,14	5,37
— — mai. . . .	5,94	6,15
— — juin. . . .	5,68	5,93
— — juillet. . .	6,50	5,40
— — août. . . .	5,80	6,00
— — septemb. .	5,50	6,25

Il est à remarquer que les progrès les plus rapides ont été réalisés pendant la dernière période des travaux, c'est-à-dire au moment où la transmission des forces se faisait aux plus grandes distances.

Les avancements réalisés dépassent de beaucoup ceux du Mont-Cenis et du Saint-Gothard; le tableau graphique (*fig.* 4, Pl. X) représente les avancements trimestriels comparatifs des trois percements.

Ce qui frappe surtout, à l'examen de ce tableau, c'est que le même perforateur, employé à deux percements successifs, ait donné des résultats si différents, si supérieurs dans le second cas. Pour rechercher la cause de ces différences, il importe avant tout de comparer le travail dans des roches de même nature. A l'Arlberg, on a successivement traversé des micaschistes, puis des gneiss; les mêmes roches ont été rencontrées au Saint-Gothard, et le tableau ci-dessus renferme les éléments essentiels de comparaison, relevés chacun pour une période de trois mois.

	MICASCHISTES.		GNEISS.	
	Arlberg (fin 1880).	Saint-Gothard.	Arlberg (fin 1881).	Saint-Gothard.
Progrès moyen de la galerie par jour	2,77-3,33-3,39	3,65-4,14-3,06	4,93-4,96-4,88	2,99-2,91-4,17
Nombre d'attaques à la machine par mois	87-88-83	109-123-76	110-95-97	77-59-103
Progrès moyen par attaque de la galérie	0,99-1,17-1,14	0,97-1,08-0,92	1,39-1,57-1,56	1,14-1,14-1,21
Profondeur totale des trous par mètre d'avancement	22,65-20,25-25,15	17,77-18,37-18,60	31,62-29,17-31,22	20,74-22,34-21,3[illegible]
Nombre moyen de trous par attaque	18,00-18,10-21,30	16,11-15,61-15,84	28,00-27,20-29,10	16,77-18,44-16,9[illegible]

Il ressort de l'examen de ce tableau qu'à la fin de 1880, c'est-à-dire au début de la perforation mécanique à l'Arlberg, dans les micachistes, le progrès moyen par attaque à la machine, et le progrès moyen de la galerie par jour sont sensiblement les mêmes que ceux du Saint-

Gothard ; mais qu'à la fin de 1881, alors que l'organisation du travail était complète, et dans les gneiss, le progrès moyen par jour de la galerie augmente à l'Arlberg dans des proportions considérables, — près d'un tiers, — tandis que le progrès moyen par attaque n'augmente pas à beaucoup près dans les mêmes proportions. On en conclut nécessairement que le progrès doit résulter des économies réalisées sur les opérations d'évacuation et de transport des déblais.

Celles-ci s'opèrent dans les conditions suivantes.

On charge les déblais dans des corbeilles en tôle à poignées. L'équipe se compose de sept hommes, dont trois pour remplir les corbeilles, trois pour les recevoir et les décharger dans le wagon, un de réserve. Le chargement d'un wagon exige treize à quatorze minutes ; il en faut de deux à quatre pour le pousser après remplissage sur la voie d'évitement et en ramener un autre. Comme le déblai d'une attaque fournit la charge de sept à huit wagons, il faut d'une heure trois quarts à deux heures pour débarrasser la galerie. Les wagons arrivent jusqu'au front de taille, sur une voie de $0^m,70$.

Au Saint-Gothard, au lieu de décharger directement les paniers dans des wagons, on laissait ces derniers à une certaine distance en arrière du front de taille. Les paniers pleins étaient d'abord posés sur un des wagonnets longs, et étroits, roulant sur une voie auxiliaire de $0^m,30$, placée le long de la voie principale, qui était à écartement de 1 mètre.

Pour charger les wagons, on les écartait deux à deux de la longueur d'un wagonnet, afin de laisser assez de place aux ouvriers pour charger simultanément dans deux wagons ; le chargement commençait par les wagons les plus éloignés du point d'attaque.

Le poste de déblai comprenait dix-sept hommes :

4 pour remplir les paniers,
4 manœuvres pour les poser sur les wagonnets,
4 rouleurs pour le transport des wagonnets,
4 chargeurs pour vider les paniers dans les wagons,
1 aide en réserve.

Le déblai d'une attaque fournissait la charge de dix à douze wagons.

Avec ce système, le temps nécessaire au déblayage n'a jamais été inférieur à deux heures et demie, et s'est le plus souvent maintenu entre trois et quatre heures.

La contenance du wagon de l'Arlberg est de $1^{mc},600$; avec enfaîtage, elle atteint 2 mètres cubes, ce qui correspond à $1^{mc},200$ de roche en place. Sa longueur est de $2^{m},75$; sa largeur, $1^{m},18$; sa hauteur, $0^{m},53$ seulement. En s'arrêtant à cette faible dimension, on a eu en vue de ne pas imposer à l'ouvrier un excès de fatigue, en le forçant à soulever les paniers pour leur décharge.

Dans le même ordre d'idées, et pour gagner encore en hauteur, on a fait reposer directement la caisse sur le châssis, sans laisser l'espace nécessaire pour intercaler un appareil culbuteur. Il s'ensuit qu'au jour le wagon doit être déchargé à bras d'homme; mais on a pensé que cet inconvénient était de peu d'importance et serait largement compensé par la plus grande rapidité de chargement au front de taille, que l'on était en mesure d'obtenir par la suppression du culbuteur.

Les chantiers en arrière du front de taille ont progressé d'une façon régulière : les tableaux (*fig.* 8 et 9, Pl. VII) rendent compte de leur état d'avancement.

La différence de section entre les deux galeries de base et de faîte ne permet pas d'établir un rapport exact entre l'avancement par le travail à la machine et celui par le travail à la main; mais, au début des travaux, la galerie de base a été attaquée à la main, et les résultats obtenus ont été les suivants :

	LONGUEUR totale percée à la main.	AVANCEMENT JOURNALIER.		
		Maximum.	Moyen.	Minimum.
Saint-Anton.	205 mèt.	1,81	1,45	1,10
Langen.	227	1,79	1,47	0,74

Deux couples de mineurs travaillaient simultanément au front de taille. La vitesse obtenue avec la perforation mécanique dans les derniers trimestres étant de 6 mètres, le rapport des vitesses des deux modes de travail sera $\frac{6}{1{,}45} = 4{,}10$.

Il importe toutefois de remarquer que le travail à la main, effectué au début de l'attaque, c'est-à-dire quand les ouvriers travaillaient dans les conditions les plus favorables, doit être considéré comme ayant donné son maximum, et que cette valeur de $1^{m},45$ aurait considérablement diminué dès que la distance à la tête aurait dépassé les premiers kilomètres.

C'est ce que confirment d'ailleurs les résultats obtenus au tunnel du Monte-Cenere, long de 1.640 mètres, sur la ligne d'accès sud du Saint-Gothard, où l'on employa le perforateur Mac-Kean—Séguin, à la tête nord, tandis que, du côté sud, le travail s'effectuait exclusivement à la main. Il est à remarquer, en outre, que l'on marchait avec un front de taille de 8 mètres carrés de section, et avec une batterie de quatre perforateurs seulement. La roche était un gneiss passant au micaschiste, se rapprochant ainsi beaucoup de celle de l'Arlberg. Pendant les derniers mois, les avancements ont été les suivants :

		Perforation mécanique.	Perforation manuelle.	Rapport.
Longueur totale percée au 30 nov. 1880		755^{m}	298^{m}	2,50
Longueur percée en	Décembre 1880	101	26	3,88
	Janvier 1881	124	20	6,00
	Février	111	23	4,80
	Mars	115	17	6,70
	Avril (jusqu'au 12)	72	11	6,00
		1.278	365	3,50
		1.643		

Ainsi, dès que les trois cents premiers mètres ont été dépassés, le rapport des vitesses a plus que doublé, et on peut sans exagération admettre que la galerie de direction progresse au moins six fois plus vite à la machine qu'à la main.

Dans ce cas particulier, l'avancement à la machine s'est élevé au maximum à 5^{m},13 par jour. Ce résultat est d'autant plus remarquable que l'installation, un peu hâtivement faite, se trouvait dans des conditions particulièrement désavantageuses au point de vue de l'utilisation des forces motrices. Les compresseurs avaient dû être installés à près de 2.500 mètres de l'embouchure; au lieu du débit de 75 litres nécessaire à leur fonctionnement, la rivière donnait souvent à peine 30 litres, et obligeait de recourir à des locomobiles auxiliaires, de sorte que la pression dépassait rarement deux à trois atmosphères au front de taille; dans de telles conditions, l'effet utile du perforateur est encore d'autant plus remarquable.

Au tunnel du Pfaffensprung (1.470 mètres) où l'on avait suivi, après l'installation de la machine Brandt, le même système qu'au Monte-Cenere, le rapport des vitesses a été inférieur à celui signalé pour ce dernier tunnel, et n'a pas dépassé 3; mais on sait que ce résultat est dû à la dureté exceptionnelle de la roche attaquée à la machine, et ne saurait être pris comme base d'évaluation.

Résultats de l'avancement dans la galerie de direction.

DATES.	AVANCEMENT PAR MOIS.	PROGRÈS MOYEN PAR JOUR.	NOMBRE D'ATTAQUES à la machine.	PROGRÈS MOYEN PAR ATTAQUE.	PROFONDEUR TOTALE des trous de mine (par mètre d'avancement)	CONSOMMATION de dynamite (par mètre d'avancement)	USURE DES FLEURETS (par mètre d'avancement)	NOMBRE MOYEN DE TROUS par attaque.	AVANCEMENT PAR MOIS.	PROGRÈS MOYEN PAR JOUR.	NOMBRE D'ATTAQUES à la machine.	PROGRÈS MOYEN PAR ATTAQUE.	PROFONDEUR TOTALE des trous de mine. (par mètre d'avancement)	CONSOMMATION de dynamite. (par mètre d'avancement)	USURE DES FORETS. (par mètre d'avancement)	NOMBRE MOYEN DE COUPS par attaque.
	Côté Est. — Machine Ferroux.								*Côté Ouest. — Machine Brandt.*							
					mètr.	kilog.							mèt.	kilog.		
1880. Novembre..	57	1,90	39	0,96	17,72	16,39	42,9	14,3	49,9	1,36	21	1,30	5,63	10,47	2,4	5,7
Décembre..	86	2,77	87	0,99	22,65	21,44	68,2	18,0	53,0	1,71	32	1,16	7.91	7,48	3,8	7,2
1881. Janvier. . .	103,3	3,33	88	1,17	20,25	18,36	50,8	18.1	39,8	1,28	11	1,00	6.03	6,15	3,7	4,8
Février. . .	95	3,39	83	1,14	25,13	23,09	63,5	21,3	72,9	2,60	57	1,27	6,20	8,52	4,8	5,8
Mars . . .	127,4	4,11	88	1,45	22,29	17,25	46,1	19,8	43,8	1,41	32	1,03	5 50	10,09	3,0	4,0
Avril.. . . .	128,1	4,27	95	1,35	26.17	20,02	52,0	21,1	64,5	2.15	14	1,09	7 27	7.42	1,5	5,9
Mai.	134,9	4,35	103	1,31	26,84	21,33	55,8	21,8	102,9	3,32	80	1,20	7,01	9,67	6,3	6,1
Juin.	108,0	3,60	87	1,24	27,31	20 68	70,4	22,9	109,6	3,65	84	1,30	8,49	9,94	8.2	7,9
Juillet. . . .	125,3	4,04	94	1.33	27,49	21,62	70,0	24,3	119,1	3,89	83	1,43	8,89	11,25	9.6	8,6
Août.. . . .	115,4	3,72	86	1,34	29,09	22,04	78,3	25.6	111,4	3,59	80	1,39	8,94	11,20	12,20	7,1
Septembre.	137,5	4,58	97	1,42	28,65	18,56	60,02	25,7	90,8	3,03	68	1,32	9,13	9,11	8.8	8,6
Octobre.. .	152.7	4,93	110	1,39	31,62	19,89	66,2	28,0	100.4	3,24	64	1,40	8,75	9,34	9,8	8,5
Novembre .	148,9	4,96	95	1,57	29,17	16,59	54,6	27,2	88,1	2,94	67	1,24	8,12	6,01	3,2	8,4
Décembre..	151,2	4,88	97	1,56	31,22	18,70	50,2	29,1	112,0	3,61	85	1,32	9,73	11,71	10,5	9,1

Quant à la comparaison de la force nécessaire au percement à la machine ou à la main, elle serait toute au désavantage du premier système, d'après les résultats d'expérience du tunnel du Sonnstein, où l'on avait substitué le travail du perforateur Brandt, alors à son début, au travail à la main, qui n'aurait pas permis de terminer le percement dans les délais prescrits.

Voici comment ces résultats sont appréciés (*) :

(*) *Revue universelle des Mines*, tome X, 1881.

Le tunnel du Sonnstein, près de Salzkammergut (Tyrol) a 1.430 mètres de longueur; il fut attaqué à la main, d'abord par les deux têtes, puis par deux galeries de côté longues la première de 256 mètres, la seconde de 440.

Le travail commença en avril 1876; la roche était un calcaire

« L'avancement minimum à la main était de $0^m,009$ par minute, en perçant des trous de $0^m,265$ de diamètre; l'avancement minimum à la machine, de $0^m,043$ avec des trous de $0^m,082$.

« En comparant ce dernier chiffre, qui est un maximum, au minimum du travail à la main, et en évaluant la force d'un cheval à 6,8 hommes, il en résulterait d'abord que la force nécessitée par l'action de la machine était de $10 \times 6,8 = 68$ hommes. L'effet utile net calculé par homme et par minute pour le forage des trous de mine sera donc le suivant :

« 1° Dans le travail à la main : $5^{m^3},51^c \times 0,9 = 4^{m^3},96^c$, et cela par l'emploi d'un fleuret plein et en perçant des trous ne dépassant pas $2^m,65$ de diamètre;

« 2° Dans le travail à la machine, la proportion sera de $\frac{52,8 \times 4,3}{68} = 3,33^{cm^3}$, et cela en perçant des trous de

---

dolomitique dur qui ne permettait pas un avancement assez rapide pour terminer le tunnel dans les délais voulus. Au 21 janvier 1877, il restait encore à percer 136 mètres de la seconde galerie de côté, et 630 mètres de tunnel principal.

Les avancements journaliers moyens étaient les suivants :

1° $0^m,97$ dans le calcaire compacte du côté ouest.

2° $0^m,71$ dans le calcaire noduleux du côté est.

3° $0^m,95$ dans le calcaire dolomitique de la galerie de côté, avec avancement maximum de $1^m,13$.

On résolut d'appliquer la perforation mécanique pour achever le percement de la galerie de côté, et marcher ensuite à la rencontre des fronts de taille, où l'on continuerait de travailler à la main. Le perforateur Brandt fut définitivement installé le 11 avril et donna les résultats suivants :

1° Avancement journalier moyen de 2 mètres, avec maximum de $2^m,70$ dans la galerie de côté d'abord, et dans la galerie du tunnel définitif ensuite.

2° Rencontre de la galerie de côté avec l'axe du tunnel le 4 juin, et rencontre des fronts de taille dans le tunnel le 29 juillet et le 11 août. Avec le travail à la main seul, la dernière rencontre était prévue pour le 18 septembre; on a donc réalisé une économie de près de 40 jours (*Zeitschrift des Œsterreichischen Ingenieur und Architecten-Vereins*, 1873).

8,2 de diamètre, à noyau. En ce qui concerne l'action de la couronne, l'espace annulaire effectivement percée n'est que $1^{m2}66^{c}$ par minute et par homme.

« L'effort nécessaire pour le forage à l'aide du perforateur hydraulique réduit au même effet utile sur la roche était donc plus élevé que dans le travail à la main et au marteau.

« Il reste à évaluer les pertes de force dans les pompes à vapeur et les conduites d'eau. En admettant 0,80 pour l'effet utile des pompes à vapeur, 0,72 pour celui de la transmission, on devra encore multiplier les chiffres précédents par 0,57, d'où il ne résulterait que 1,9, soit $0{,}95^{cm}$, en somme, 1/3 environ de l'effet utile du travail à la main.

L'auteur évalue également l'effet utile du travail à la main lui-même, et il estime qu'il entraîne une déperdition de force de 95,6 p. 100, qui se décomposerait comme suit :

50 p. 100	pour relever le marteau.
21,8	résultant en moyenne de l'inertie et de l'élasticité imparfaite des outils.
5,1	résultant de la détérioration des outils.
1,7	pour le broyage des petits éclats de roche.
17,0	pour coups fautifs et déviés.
95,6	

Il ne resterait donc que 4,4 p. 100 du travail total réellement utilisé.

On conclut de là en définitive que, dans tous les cas où la question de vitesse ne prime pas la question d'économie, — ce qui est le cas des travaux courants de mines, — la substitution de la perforation mécanique au travail à la main n'a pas de raison d'être ; mais des considérations de ce genre sortiraient du cadre de cette étude.

COMPRESSEURS. — MOTEURS.

1° *Compresseurs d'air.* — Lorsque l'air comprimé est destiné à alimenter des moteurs situés à plusieurs kilomètres de distance, la question de l'échauffement de l'air pendant la période de compression prend une importance capitale, non pas seulement au point de vue de la rapide détérioration des organes du compresseur, dont elle est cause, mais aussi au point de vue de la perte sèche de travail qu'elle occasionne. En effet, l'air sortant du réservoir à une température élevée (120 à 150°) n'est utilisé qu'après s'être refroidi par son passage dans une longue conduite, et être revenu sensiblement à la température ambiante ; comme son échauffement a nécessité de la part du moteur un excès de travail, celui-ci est, en réalité, dépensé en pure perte.

Le meilleur mode de réfrigération consiste à mettre l'air en contact, pendant la période de compression, avec une surface liquide de grande section, et c'est ce qui a été réalisé avec les compresseurs Sommeiller (*fig.* 1, Pl. XI). Mais ces appareils sont volumineux et ne peuvent marcher qu'à une vitesse restreinte, à cause du poids de la masse liquide qui se déplace à chaque coup de piston. Ce poids, qui atteignait 2.000 kilogrammes à Modane, obligeait à limiter la vitesse à huit coups par minute : il en résulte que la quantité d'air fournie par appareil est insuffisante, et exige d'avoir en marche simultanée un grand nombre de batteries.

De plus, cette douceur d'allures est en général incompatible avec l'emploi des moteurs hydrauliques le mieux appropriés à l'utilisation des forces naturelles. Dans les pays de montagnes, le débit des cours d'eau est toujours très limité, mais, par contre, on dispose de hauteurs de

chute considérables, et, dans ces conditions, il convient d'employer des turbines à révolutions rapides. Si on doit les associer avec des compresseurs à marche lente, il faut interposer entre les deux des trains d'engrenages, d'où résultent des pertes de travail, des chances d'accidents, et de volumineux appareils de transmission. La surface occupée par les salles de compression s'accroît, et l'on ne dispose pas toujours d'un espace suffisamment vaste dans les vallées profondes où les ateliers sont installés.

On remédie aux inconvénients de la marche rapide par des moyens artificiels, circulation et injection d'eau dans le compresseur, qui se compose alors d'un cylindre de dimensions réduites, dont le piston est actionné directement par le moteur. Les compresseurs Colladon, employés au Saint-Gothard, ont permis de comprimer d'abord à 7, puis à 14 atmosphères, avec une vitesse de piston de $1^{m},30$, sans que la température de l'air pendant la compression dépassât 30°, et avec une dépense d'eau de 1 litre seulement par 1.000 litres d'air aspiré.

Le tableau ci-dessous donne les éléments comparatifs des deux systèmes :

VOLUME D'AIR ASPIRÉ à la vitesse normale.	MONT-CENIS.		SAINT-GOTHARD.	
	Bardonn.	Modane.	Goschenen.	Terolo.
Par coup de piston d'une pompe. .	424^{lit}	305	$87^{lit},55$	71,00
Par les pompes d'un groupe et par minute.	11.871^{lit}	8.540	42.040^{lit}	36.210
Par l'ensemble des groupes et par minute.	83.104	51.240	168.996	144.840
Nombre de coups de piston par minute.	8 à 10		120 à 160	
Surface occupée par les bâtiments de compression.	2.025^{mq}	900	378	302

Ce tableau fait ressortir les avantages des compresseurs du Saint-Gothard, mais il importe de remarquer que ces appareils sont d'une construction coûteuse et

d'un entretien difficile : il faut apporter à la fabrication des soins spéciaux pour ménager la circulation de l'eau dans les parois du cylindre, dans le piston et jusque dans sa tige, ainsi que pour effectuer la mise en place des pulvérisateurs ; ils ne sont mis à l'abri d'une détérioration rapide qu'à la condition que l'eau d'injection soit absolument pure, et ne contienne en suspension aucune matière solide, ce qui est souvent difficile à obtenir, même après filtration.

On a constaté depuis que des deux moyens de réfrigération simultanément employés, — circulation d'eau dans les parois, injection d'eau à l'état pulvérulent dans le cylindre, — le second seul avait une action efficace. C'est ainsi que des expériences avec circulation et injection ont accusé des températures de 25 à 30° seulement, et celles avec injection seulement, de 29 à 32°. On peut donc supprimer sans inconvénient la circulation d'eau, ce qui réduit d'autant les frais de construction.

Si la question de réfrigération avait été résolue d'une façon satisfaisante par l'emploi des injections d'eau, il n'en était pas de même de celle du rendement. Au Mont-Cenere, où les compresseurs travaillaient dans les conditions les plus favorables, c'est-à-dire avec un nombre de coups de piston de 30 seulement par minute, et où le degré de compression ne dépassait pas 5 atmosphères, des expériences ont permis de constater l'effet utile des compresseurs (*), lequel décroît rapidement avec la tension, comme l'indique le tableau ci-dessous.

(*) C'est-à-dire la comparaison des diagrammes obtenus avec les courbes correspondantes d'après la loi de Mariotte (compression sans variation de température).

PRESSION mano-métrique.	NOMBRE de coups de piston par minute.	EFFET utile.	PRESSION mano-métrique.	NOMBRE de coups de piston par minute.	EFFET utile.
3,10	28	0,89	3,45	28	0,86
2,90	28	0,90	2,95	28	0,88
2,65	30	0,88	5.00	28	0,72
3,15	27	0,88	5,10	28	0,71
2,90	28	0,91	4,50	30	0,72
3,00	28	0,87	4,80	29	0,71

Malgré la brillante campagne fournie par les compresseurs du Saint-Gothard, la faveur paraît être restée en Allemagne au système primitif des compresseurs à colonne d'eau, et ce sont ceux qui fonctionnent à l'Arlberg. Sur ce chantier d'ailleurs, par suite de l'emploi d'appareils distincts pour la ventilation et la perforation, et de l'usage restreint de cette dernière au front de taille seulement, les quantités d'air à fournir par chaque atelier sont moindres qu'au Gothard, et la vitesse de marche ne s'imposait pas d'une façon aussi absolue.

Le compresseur de l'Arlberg est représenté *fig.* 2, Pl. XI. Il dérive directement du compresseur Sommeiller, mais il a reçu des perfectionnements qui l'ont rendu susceptible de prendre une vitesse plus grande, et de réduire la masse d'eau en mouvement.

Le rôle de la colonne d'eau est d'absorber la chaleur de compression de l'air; or, elle se trouve en contact avec lui par sa partie supérieure, et, comme les couches les plus chaudes sont aussi les moins denses, il s'ensuit qu'il ne peut pas y avoir circulation d'eau et renouvellement de surface, mais seulement échauffement progressif se propageant de haut en bas. Il n'importe donc pas d'avoir un grand volume d'eau dans le compresseur, mais bien une grande masse de contact, et c'est dans ce but que les cylindres de compression ont été évasés à la partie supérieure, et le poids de l'eau, qui atteignait

2.000 kilogrammes à l'origine, a pu être réduit, sans inconvénient, à moins de 500.

L'évasement des cylindres présente encore un autre avantage important, en ce sens qu'il permet de réduire, pour une vitesse donnée du piston moteur, l'amplitude et la vitesse des oscillations du plan d'eau de la chambre de compression, et de réduire, par suite, les causes d'agitation à la surface. Celles-ci doivent toujours être soigneusement évitées, parce qu'elles facilitent le mélange de l'eau avec l'air aspiré, et peuvent donner lieu, en raison de la difficulté de séparation ultérieure des deux éléments, à la formation d'espaces nuisibles dans la chambre de compression. Par conséquent, toutes choses égales d'ailleurs, l'évasement des cylindres permet d'augmenter la vitesse du piston moteur et, par suite, la production d'air comprimé.

Une seconde différence caractéristique consiste dans le choix de l'emplacement relatif des soupapes d'aspiration et de refoulement. Dans le compresseur Sommeiller, les premières sont placées au-dessous; dans le second, elles sont toutes dans un même plan horizontal. Avec la première disposition, la colonne d'eau dépasse, à chaque ascension, le niveau des soupapes d'aspiration, et, comme celles-ci ont tendance à s'ouvrir dès les premiers instants du mouvement inverse, elles introduisent de l'air en mélange avec l'eau, qui n'est pas encore descendue au-dessous d'elles. La disposition de l'Arlberg remédie à cet inconvénient. Il va sans dire qu'on ne saurait placer les soupapes d'aspiration au-dessus de celles de refoulement, ce qui reviendrait à créer volontairement des espaces nuisibles.

Les soupapes d'aspiration de l'Arlberg sont munies de tiges-guides, et revêtues de rondelles en caoutchouc. Pour celles de refoulement, on a employé d'abord des balles de caoutchouc, de $0^{m},045$ de diamètre, avec noyau

central en plomb; en dernier lieu, on s'est arrêté à des clapets formés d'une simple rondelle en caoutchouc, invariablement fixée à sa partie centrale, et livrant ainsi passage à l'air au moyen d'un orifice annulaire. Ces rondelles, en se relevant, viennent s'appliquer sur une pièce-guide à surface convexe, qui limite l'amplitude du mouvement. Les deux systèmes sont représentés sur la *fig*. 2, Pl. XI.

Tous les compresseurs de l'Arlberg sont conjugués par groupes de deux, actionnés par des moteurs divers, dont il va être question. Ils sont tous du système qui vient d'être décrit, sauf un seul, représenté *fig*. 1 et 2, Pl. IX. Encore ce dernier ne diffère-t-il que par les dimensions, et l'accentuation de conicité des cylindres verticaux. Le nombre des soupapes d'aspiration et de refoulement a pu, en conséquence, être porté au triple de celui des autres compresseurs; dans ceux-ci, la section totale des soupapes d'aspiration est déjà de 30 p. 100 de celle du piston compresseur, alors que, dans les compresseurs Colladon, elle n'est que de 8 à 9 p. 100. Chaque groupe fournit en marche normale 4 mètres cubes d'air comprimé à 5 atmosphères par minute.

Moteurs. — Le premier groupe, installé au début de la perforation, était actionné par des turbines marchant à la vitesse de 45 tours, soit 90 coups de piston par minute. L'eau motrice était empruntée à la canalisation de la Rosanna inférieure, et la hauteur de la chute était de $17^{m},50$. Dans ces conditions, l'effet utile des compresseurs a été constaté de 90 p. 100.

Quand l'aménagement des eaux de la Rosanna supérieure fut terminé, et permit de disposer d'une force plus considérable, avec une hauteur de chute de 130 mètres, on installa trois nouveaux groupes de compresseurs fournissant ensemble 16 mètres cubes d'air à 6 atmosphères par minute.

Ces compresseurs sont actionnés, non plus par des turbines, mais par des machines à colonne d'eau de deux systèmes différents, qui permettent de maintenir la vitesse dans les limites convenables de 29 à 36 tours par minute.

L'un de ces moteurs est une machine à distribution par soupapes, système Stanek; l'autre, une machine à tiroir, système Mayer, fonctionnant avec les mêmes organes et d'après les mêmes principes que la machine à vapeur ordinaire (*fig.* 5, Pl. X, et 3 et 4, Pl. XI). Seulement, comme l'agent moteur n'est pas un fluide élastique, il a fallu recourir à un artifice pour obtenir, pendant les périodes de détente, avance à l'admission et à l'échappement, que comporte la marche par tiroir, les mêmes effets qu'avec la vapeur.

Dans ce but, on a donné au cylindre une longueur sensiblement supérieure à la course du piston, de façon à constituer à chaque extrémité une sorte d'espace nuisible, dans lequel une certaine quantité d'air, introduit au préalable dans le cylindre, est comprimé pendant la période d'admission de l'eau motrice, et tend à revenir à son volume initial pendant celle qui correspond à la détente, substituant ainsi son action sur le piston à celle de l'eau, qui cesse aussitôt que l'orifice d'admission est recouvert.

L'alimentation du cylindre en air frais est assurée au moyen de soupapes d'aspiration ménagées sur les parois; inversement, des soupapes de refoulement permettent de faire passer dans des réservoirs $v_1 v$ une partie de l'air qui, en cas de variation d'allures, pourrait sans cela être porté à une tension trop élevée. Par un jeu analogue de soupapes, cet air peut passer à son tour, suivant les besoins, par les tuyaux t et t' à la partie supérieure d'un second réservoir V, dont il sera question plus loin.

Des appareils de ce genre, fonctionnant sous des pressions d'eau de 13 atmosphères, sont exposés à des chocs violents, dont on prévient les effets par l'emploi d'un tiroir équilibré, ainsi que d'un régulateur agissant sur un obturateur non représenté sur les figures, placé dans la conduite d'arrivée de l'eau motrice, et qui, mobile autour d'un axe horizontal, proportionne à chaque instant le débit à la vitesse de marche de la machine.

Enfin, pour amortir les chocs que ces variations de la course du tiroir pourraient occasionner, on utilise l'élasticité de l'air renfermé dans le réservoir V. Celui-ci, alimenté comme il vient d'être dit, communique librement avec la boîte à tiroir (*fig.* 3 et 4, Pl. XI), dont il n'est en quelque sorte que le prolongement, et permet de réaliser une grande douceur de marche.

Ces machines font normalement 29 tours par minute; la course du piston étant de 1 mètre, la vitesse est par suite $\frac{29 \times 2}{60} = 0^{m},965$; elles actionnent directement le piston des compresseurs.

Les machines à soupapes du système Stanek, dont un seul spécimen est d'ailleurs installé à l'Arlberg, ont une marche plus rapide : elles font 36 tours par minute, ce qui correspond à une vitesse de piston de $1^{m},20$; mais on a déjà vu que cet excès de vitesse est compensé par une conicité des cylindres compresseurs beaucoup plus accentuée que dans le cas précédent. Ces appareils, représentés *fig.* 1 et 2, Pl. IX, et 1 à 3, Pl. X, fonctionnent de la manière suivante.

L'eau sous pression, arrivant dans deux cylindres moteurs à double effet, imprime aux pistons P, P (*fig.* 2, Pl. IX), un mouvement alternatif, que ceux-ci communiquent à la tige du piston compresseur, à laquelle ils sont reliés par la traverse T. La course commune des trois pistons est de 1 mètre.

Les pistons moteurs agissent, en outre, par l'intermédiaire de la bielle B, sur un arbre qui porte le volant V, et commande, au moyen de cames et excentriques, le mécanisme de distribution.

Les soupapes d'admission SS (*fig.* 1, Pl. IX) sont manœuvrées par l'action combinée de la came *c* et de l'excentrique *x* (*fig.* 2, Pl. IX). La *fig.* 2, Pl. X, indique les positions respectives d'admission et de fermeture pour chacune d'elles; elle montre en outre que la détente, ou, plus exactement, la durée de la période d'admission est variable, et se règle à la main, au moyen de la vis sans fin *v*, qui détermine l'amplitude du mouvement des taquets conduits par l'excentrique.

La soupape d'admission est commune aux deux cylindres moteurs (*fig.* 1, Pl. X), et placée dans l'axe de l'appareil.

Pour maintenir la pression sur le piston moteur pendant la période de détente, on a recours, non plus à l'élasticité de l'air, mais à un appel d'eau supplémentaire, qui s'introduit dans le cylindre de la façon suivante.

Le tuyau d'échappement *t* (*fig.* 1, Pl. X) est maintenu constamment immergé dans un bassin rempli d'eau. Au moment où cesse l'admission d'eau motrice, la soupape d'échappement *s'* est fermée, et il tend à se produire un vide dans le cylindre : l'eau monte aussitôt dans le tube, soulève des obturateurs *o*, *o*, balles de caoutchouc disposées en couronne circulaire autour de la soupape, et pénètre ainsi dans le cylindre moteur. Quand le piston est à fond de course, la soupape S' s'ouvre, les obturateurs retombent sur leurs sièges, et l'eau est évacuée. La contre-pression pendant l'échappement est ainsi de 1 atmosphère.

La *fig.* 3, Pl. X, montre le fonctionnement des soupapes d'échappement, et complète, avec la *fig.* 2, l'étude d'ensemble de la distribution.

Ces moteurs ont fonctionné depuis leur installation avec régularité, et ils ne sont pas sujets à des accidents de marche, pourvu toutefois que l'on ait soin de filtrer l'eau motrice avant son introduction, car il suffit de quelques parcelles solides entraînées pour occasionner, sous ces hautes pressions, la mise hors de service des organes distributeurs.

Les *fig.* 5 et 6, Pl. XI, reproduisent quatre diagrammes relevés sur les machines Mayer, fonctionnant à des degrés de détente divers.

Côté ouest. — De ce côté, les moteurs sont des turbines Girard, de 2^m,50 de diamètre, marchant à la vitesse de 160 tours par minute, et développant, sous une chute de 80 mètres, une force de 150 chevaux.

Chaque turbine commande, par l'intermédiaire d'un engrenage, deux groupes de deux compresseurs d'eau marchant à la vitesse de 60 tours seulement, et pouvant fournir ensemble 4 litres d'eau comprimée par seconde. Chaque groupe est en relation avec un accumulateur à charge compensatrice.

Les compresseurs sont du système Kirchweger et présentent, sur ceux employés précédemment au Sonnstein et au Pfaffensprung, l'avantage de n'exiger que deux soupapes, au lieu de quatre, tout en continuant à exercer d'une façon constante le refoulement de l'eau comprimée dans le réservoir.

On obtient ce résultat de la manière suivante : Le piston de la pompe (*fig.* 7, Pl. XI) a une tige dont la section est la moitié de celle du cylindre. L'aspiration de l'eau se fait par la soupape S, pendant la marche arrière, et il s'introduit une quantité d'eau égale au volume du cylindre.

Pendant la période suivante de compression, la soupape S se ferme, l'eau aspirée pénètre par la soupape S' dans le réservoir R ; mais comme celui-ci communique

librement avec l'extrémité du cylindre, il s'ensuit que la moitié du volume d'eau comprimée vient se loger dans l'espace annulaire libre entre le cylindre et la tige du piston.

Par le retour du piston, c'est-à-dire pendant la nouvelle période d'aspiration, la soupape S' est fermée, et l'eau comprimée, introduite derrière le piston, est à son tour refoulée dans le réservoir. Il y a donc, en réalité, aspiration dans un sens seulement, compression dans les deux, et l'appareil est à double effet, avec un nombre moitié moindre d'organes susceptibles de détérioration que dans les compresseurs précédemment employés.

Les soupapes sont caractérisées par leur large section, et leur faible hauteur de course. La course du piston est de $0^m,40$; son diamètre $0^m,068$ et celui-ci de sa tige $0^m,048$.

Les installations d'ensemble sont représentées (*fig.* 8) pour les compresseurs d'air, (*fig.* 9, Pl. XI) pour les compresseurs d'eau. Sur cette dernière, les accumulateurs sont indiqués en A; en M, la machine à vapeur de réserve, et, en outre, en F, une machine Gramme qui sert à l'éclairage électrique du chantier de Langen. La surface de salle est de 680 mètres carrés pour les ateliers de compresseurs d'air, dont la construction s'est d'ailleurs opérée en deux périodes successives, et de 370 seulement pour ceux des compresseurs d'eau.

VENTILATION.

Les conditions naturelles de la traversée de l'Arlberg, précédemment indiquées, sont telles que l'accroissement de la chaleur interne n'entrave pas la marche du travail, ou que tout au moins ses effets fâcheux ont pu être com-

plètement prévenus par l'organisation du service de la ventilation.

Par suite de l'emploi du perforateur Brandt, il fallait nécessairement installer du côté ouest des appareils spéciaux de ventilation. A la tête est, où cette mesure n'était pas indispensable, elle a été également adoptée.

Cette division avait un but essentiellement pratique, c'était d'éviter le fait si fréquent au Saint-Gothard et si nuisible à la marche de la perforation, de la rupture intentionnelle de la conduite d'air par les ouvriers.

En outre, l'air destiné à la ventilation, n'ayant à exercer aucun travail, n'a pas besoin d'être porté à une haute pression; il suffit qu'il arrive en abondance sur les chantiers. Pour cela, il faut le faire circuler dans des conduites de large diamètre, et la compression initiale peut être limitée à celle qui est nécessaire pour vaincre les résistances dues aux frottements dans la conduite.

La conduite d'air de Saint-Anton a $0^{m},40$ de diamètre; celle de Langen $0^{m},50$; en fixant cette dimension supérieure, on a tenu compte de l'absence de toute ventilation au front de taille, pendant le travail des perforateurs Brandt. La quantité d'air minimum à introduire est fixée à 150 mètres cubes par minute.

La résistance dans les conduites a été de 0,20 atmosphère à une distance de 1.400 mètres, et n'a pas dépassé 0,35 alors que le front de taille atteignait le quatrième kilomètre : c'est à cette limite qu'il convient d'arrêter la compression. A Saint-Anton, l'air est fourni par quatre machines soufflantes, actionnées par des machines Mayer identiques à celles qui fonctionnent dans l'atelier des compresseurs d'air.

A Langen, on emploie une batterie de six ventilateurs centrifuges, mus par des turbines, et qui peuvent être accouplés de façon que l'air aspiré par le premier soit reçu par le second, puis passe du second dans le troi-

sième, et ainsi jusqu'au dernier qui l'envoie dans la conduite avec la pression convenable.

La raison de cette disposition est qu'il a été reconnu par des expériences spéciales faites à Zurich que, pour des ventilateurs identiques et animés de la même vitesse, la tension de l'air croît proportionnellement au nombre de ventilateurs traversés. Ainsi, chacun des ventilateurs employés pouvant par lui-même comprimer l'air à $0^m,60$ d'eau, l'air envoyé du premier dans le second sortira de celui-ci à une pression double, soit $1^m,20$; s'il est alors reçu dans la troisième, sa pression sera triplée et portée à $1^m,80$, et ainsi des autres. La tension maxima, étant de $3^m,50$ dans la période finale, sera donc obtenue au moyen de six ventilateurs communicants.

Ceux-ci ont $2^m,50$ de diamètre, et font 1.500 tours par minute ; ils sont mus, par groupe de deux, par des turbines Girard, de la force de 50 chevaux, marchant à 100 tours. Chaque groupe peut être mis en communication avec les deux autres, ou agir isolément, selon que les conditions du travail l'exigent.

La prévision des températures intérieures des massifs montagneux, et le choix du mode de ventilation sont les deux questions qui occupent aujourd'hui la première place dans l'étude des tunnels alpins. Le facile percement, à ce point de vue, de l'Arlberg, n'apportera pas de nouveaux éléments d'appréciation, et ne permet pas en tout cas de vérifier si les formules empiriques proposées, d'après les résultats d'expériences du Saint-Gothard, pour l'évaluation des températures, sont susceptibles de généralisation.

Il en serait tout autrement des percements en cours d'études, soit au Simplon, soit au Mont-Blanc, où par suite de la grande épaisseur du massif superposé, on devrait s'attendre à rencontrer des températures égales et même supérieures à celles du Saint-Gothard.

L'hypothèse d'un percement dans ces conditions paraît cependant dès aujourd'hui acceptée dans le cas du Simplon par les ingénieurs les plus compétents, qui proposent alors des systèmes d'attaque spéciaux et l'utilisation de puits d'aérage auxiliaires.

Cette importante question a déjà été étudiée avec toute l'attention qu'elle mérite, et l'examen des résultats obtenus sera l'objet d'une note spéciale, destinée à compléter la présente étude. Nons donnons dès maintenant (*fig.* 10, Pl. XI) le profil du Simplon comparé à celui des percements déjà effectués.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. GUILLEBOT DE NERVILLE

INSPECTEUR GÉNÉRAL DES MINES

Par M. E. LORIEUX, ingénieur en chef des mines.

Le conseil général des mines et le comité d'exploitation technique des chemins de fer viennent de perdre, en la personne de M. Guillebot de Nerville, un président qui réunissait de rares aptitudes à ces délicates fonctions, par son instruction variée, son intelligence prompte, son jugement droit, sa parole claire, et une autorité que tempéraient, dans une juste mesure, des formes naturellement courtoises.

Honoré d'une amitié qui faisait partie de l'héritage paternel et qui s'est resserrée par les relations de service et de famille, j'ai accepté avec un affectueux empressement la mission de rendre un dernier hommage à un chef excellent qui laisse dans le Corps des mines d'unanimes regrets.

Jean-Ludovic Guillebot de Nerville est né à Cognac, le 30 avril 1815. Son père appartenait à l'administration des finances ; il descendait, par sa mère, d'une ancienne famille du Cotentin.

Il entra très jeune au lycée Louis-le-Grand, où il fit toutes ses études, et fut admis à l'École polytechnique après une seule année de mathématiques spéciales.

A l'École des mines, il manifesta de suite un goût très vif pour l'étude des minéraux, et publia, dès sa sortie de l'École, un traité de minéralogie. Pendant l'année suivante, il collabora, comme secrétaire de M. Le Play, à ses travaux statistiques sur l'organisation ouvrière.

Dijon fut sa première résidence en province. De 1840 à 1848, il y remplit les fonctions d'ingénieur ordinaire avec l'intelligente activité qui lui a mérité partout les plus grands éloges. Les *Annales des Mines*, de 1841 à 1845, conservent la trace de ses travaux de laboratoire ; elles comprennent en outre une note sur un accident au haut-fourneau de Vanvey, un rapport sur l'explosion d'une chaudière calorifère en cuivre, et une notice sur le terrain houiller de Sincey. Il prépara, pour l'étude du chemin de fer de Paris à Dijon par la vallée de l'Oze, une notice géognostique qui figura parmi les éléments de discussion à la Chambre des Députés et qui contribua, dans une large mesure, à déterminer le remarquable tracé du souterrain de Blaisy.

Dès ce moment, il s'occupait activement des études qui aboutirent en 1853 à sa publication de la carte géologique de la Côte-d'Or. Dufrénoy, qui eut à l'examiner, déclarait, avec sa haute compétence, que c'était une œuvre remarquable. Elie de Beaumont, frappé du tracé des failles, y trouvait le point de départ d'idées nouvelles. L'inspecteur général Le Chatelier disait de la légende explicative qu'elle constituait un guide excellent pour les ingénieurs, les constructeurs, les maîtres de forges, les agriculteurs et les fontainiers.

Le conseil général de la Côte-d'Or lui témoignait, au nom du département, sa vive reconnaissance pour les soins persévérants et désintéressés qu'il avait donnés à la publication de la carte géologique : il signalait à l'attention particulière du Ministre des Travaux publics l'ha-

bile et consciencieux ingénieur auquel le département devait un si beau et si utile travail.

Au mois d'août de la même année, la décoration de la Légion d'honneur venait récompenser les travaux du géologue et les services de l'ingénieur.

Avant cette époque, au mois d'août 1848, M. de Nerville était nommé à la résidence de Lyon, où il joignait au service du sous-arrondissement minéralogique le contrôle technique et commercial du chemin de fer de Lyon à Saint-Étienne. Il y trouvait immédiatement l'occasion de manifester de nouvelles aptitudes qui le faisaient appeler, en février 1852, au contrôle du chemin de fer du Nord.

Vingt mois après, il était attaché comme secrétaire à une section de la commission instituée pour examiner les innovations et moyens de sûreté proposés pour les chemins de fer. Il s'y distingua de suite par la sûreté du coup d'œil avec lequel il savait discerner, au milieu d'élucubrations sans valeur, les rares propositions qui contenaient le germe d'une invention vraiment féconde.

Nommé en 1856 ingénieur en chef à Rodez, il se remit activement aux visites souterraines. La fatigue qu'il en ressentit, jointe à la rigueur du climat, contribua sans doute à déterminer une crise de rhumatismes articulaires qui lui firent demander, au bout de trois ans, son changement de résidence. Il obtint alors d'être envoyé à Périgueux, non loin de son pays natal. Il y est resté jusqu'en 1861, puis s'est transporté à Bordeaux, avec le même arrondissement.

Son dossier ne contient que des éloges. Un de ses inspecteurs généraux, plus sévère, le blâme pourtant de faire parfois la besogne de ses ingénieurs. Ce reproche, le seul qu'il ait mérité, ne nuira pas beaucoup à sa mémoire.

Il me souvient que mon père, au retour d'une de ses

inspections dans l'arrondissement de Périgueux, se plaisait à décrire l'intérieur de l'ingénieur en chef, qui lui paraissait réunir, autant qu'il se peut faire ici-bas, les plus parfaites conditions du bonheur domestique : un père de famille excellent, justement considéré, une femme aimable et dévouée, associé par le cœur aux travaux de son mari, deux enfants doués des plus heureux dons, et, comme centre, les verts ombrages et les belles fleurs de Basseau, cette propriété que M. de Nerville a tant aimée, et où il est allé mourir.

En 1872, il était promu au grade d'inspecteur général, et chargé de la division minéralogique du sud-ouest. Ses rapports, inscrits au registre du conseil, font foi de la méthode consciencieuse avec laquelle il traitait les affaires ; on y retrouve ses qualités maîtresses : l'ordre, la précision et la clarté.

Élevé à la première classe en 1879, il était presque immédiatement désigné pour remplacer M. Couche à la présidence du comité d'exploitation technique des chemins de fer. Comme tous ses collègues, nous avons admiré bien des fois le tact et la présence d'esprit avec lesquels il savait diriger les délibérations et dégager, du conflit des opinions diverses, un avis fortement motivé.

Les mêmes qualités l'ont distingué à la présidence du conseil général des mines, où il a été appelé au mois de mai 1882. Presque aussitôt, il ajoutait à ses fonctions déjà multiples celles de président de la commission de la Carte géologique détaillée de la France. Il présidait en outre la commission des *Annales des mines*, et, suivant les besoins, diverses commissions temporaires. Partout, il apportait le précieux concours d'un esprit éminemment ouvert, net et conciliant.

Parmi les travaux qui ont signalé la fin de sa carrière, nous devons mentionner son excellent rapport sur la situation des chemins de fer, au point de vue des efforts

accomplis pour assurer leur sécurité, et une étude très complète sur les moyens de prévenir les dangers des explosifs. Au commencement de l'année actuelle, il s'était transporté à Anzin pour une enquête sur la grève des ouvriers mineurs, puis à Bordeaux, où il a étudié avec le plus grand soin la question difficile du déplacement de l'une des gares principales.

Officier de la Légion d'honneur depuis 1869, il avait été promu en 1882 au grade de commandeur.

Il avait épousé, en 1857, la fille d'un honorable industriel, dont le père, avec l'un de ses neveux, a créé la plus importante papeterie d'Angoulême.

Fortement constitué, il formait volontiers des projets pour ses années de retraite ; il comptait en profiter pour mettre en ordre ses nombreuses notes géologiques. Cependant, au mois de juillet dernier, contrairement à ses habitudes, il sentit le besoin de quelques jours de repos. Il subissait, sans s'en douter, les premières atteintes de la maladie de cœur à laquelle il a succombé. Il est mort le 6 août, entouré des soins de la plus tendre affection et soutenu par le ferme espoir des éternelles récompenses.

Son fils, ingénieur des télégraphes, ancien élève de l'École polytechnique, continue dignement les traditions paternelles. Il s'est signalé récemment par une collaboration active à la détermination de l'unité dynamique de résistance électrique.

A défaut de représentant du Corps des mines, qui n'avait pu être informé à temps, l'un des maîtres du barreau d'Angoulême, lui-même adepte en géologie, a rappelé sur sa tombe, en quelques paroles éloquentes, les éminents services de l'homme public et les qualités attachantes de l'homme privé, qui perpétueront parmi nous son respecté et sympathique souvenir.

6 octobre 1884.

STATISTIQUE

DES

CAISSES DE SECOURS POUR LES MINEURS

ET DES AUTRES INSTITUTIONS DE PRÉVOYANCE

AYANT FONCTIONNÉ SUR LES HOUILLÈRES EN 1882

RAPPORT

PRÉSENTÉ

A M. LE MINISTRE DES TRAVAUX PUBLICS

Par M. O. KELLER, ingénieur en chef des mines.

Les ingénieurs des mines ont reçu mission, par une circulaire du Ministre des travaux publics du 28 mai 1883, de réunir des renseignements circonstanciés au sujet des caisses de prévoyance et des autres institutions établies dans nos différents bassins houillers en vue d'améliorer le sort des mineurs. Ils ont procédé à une véritable enquête administrative.

Le service de la statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur, dont je suis chargé, a coordonné les nombreux éléments d'information, ainsi recueillis,

qui lui ont été transmis jusqu'à la date du 4 janvier 1884; et le présent rapport a pour objet d'exposer les résultats de ce travail.

L'attention du Gouvernement avait été appelée sur ce sujet si digne de sa sollicitude, d'abord par des propositions de loi déposées par différents députés pour l'organisation des caisses de secours et de retraite des ouvriers mineurs, ensuite par un vœu de la Société de statistique de Paris, motivé sur ce que l'étude approfondie à laquelle elle s'était livrée l'avait amenée à reconnaître qu'une base statistique suffisante faisait défaut à ces projets de loi.

La réunion des données nécessaires pour éclairer la matière présentait des difficultés d'autant plus grandes qu'il fallait faire appel, d'une façon presque exclusive, à la bonne volonté des concessionnaires. En effet, tandis que la législation des mines rend les caisses de secours obligatoires en Autriche (loi du 23 mai 1854), en Prusse (24 juin 1865), en Bavière (30 mars 1869), et, de même en Belgique (du moins pour les mines concédées depuis 1840), les institutions de ce genre sont au contraire entièrement libres et facultatives en France, comme en Angleterre. Chez nous, les secours mis à la charge des exploitants par le décret du 3 janvier 1813 se réduisent aux soins du chirurgien et aux médicaments à fournir aux mineurs blessés dans les travaux. Les caisses de secours pécuniaires organisées sur les mines sont entièrement le résultat des initiatives privées; et la production de leurs comptes ne peut être exigée en vertu d'aucune disposition légale.

Il convenait donc, pour réussir plus sûrement, de limiter l'enquête aux points essentiels et de ne pas insérer trop de détails dans le questionnaire dont la circulaire précitée prescrivait aux ingénieurs des mines d'envoyer des exemplaires à tous les exploitants de charbonnages, individuellement, en les priant de les remplir.

Le questionnaire, revêtu de l'approbation du Ministre, comprend :

1° Le personnel ouvrier, soit à l'intérieur, soit à la surface, divisé en hommes, femmes et enfants (de 12 à 16 ans);

2° Le nombre des mineurs participant aux caisses de prévoyance; le montant des versements des sociétaires, des versements des exploitants et des autres recettes;

3° Le nombre des personnes secourues, en distinguant les ouvriers et leurs parents; la quotité des pensions et secours alloués; les autres frais supportés par les caisses;

4° L'indication des principes de l'organisation et du mode de fonctionnement des caisses, avec l'adjonction des statuts, au besoin;

5° La mention des autres mesures instituées en faveur des mineurs.

Avant de passer à l'examen de ces différents points, j'ai le devoir et la satisfaction de constater que l'enquête a pleinement réussi. Les concessionnaires ont compris que l'administration des mines, dont le plus grand souci est la mise en valeur des richesses minérales renfermées dans notre sol, n'était guidée que par l'intérêt commun des exploitants et des ouvriers. On peut dire que tous ont répondu à son appel.

I.

PERSONNEL DES MINES DE CHARBON, NOMBRE ET PROPORTION DES OUVIERS PARTICIPANT AUX CAISSES DE SECOURS.

Les renseignements recueillis portent à 111.317 le nombre des ouvriers qui sont employés sur les houillères, les uns souterrainement, pour l'abatage du

charbon, son chargement dans les bennes ou dans les wagonnets et son transport, pour le boisage des galeries et des chantiers, etc.; les autres sur le carreau des mines, pour la manutention et le triage des produits. Les premiers, qui forment un peu plus des deux tiers du total général, sont au nombre de 76.982, parmi lesquels 5.251 garçons âgés de plus de douze et de moins de seize ans. Les seconds, dont l'effectif s'élève à 34.335, comprennent sensiblement moins d'enfants (2.849 garçons ou filles) et environ 4.000 femmes (3.963). On sait que la loi interdit à ces dernières tout travail souterrain.

Il y a, en tout, 8.100 enfants employés dans les charbonnages, c'est-à-dire deux en moyenne pour une femme.

On compte par suite, sur 100 ouvriers, pour l'ensemble de nos charbonnages :

Hommes	89,1
Femmes	3,6
Enfants	7,3
Total	100,0

La proportion varie toutefois d'un département à l'autre; on ne signale pas d'enfants dans les travaux des mines de l'Allier, de l'Aveyron, de la Haute-Saône, de la Haute-Loire, de l'Isère, etc.; on n'en rencontre que 70 à l'intérieur des mines de la Loire, tandis qu'on en compte un grand nombre dans celles du Pas-de-Calais et du Nord.

Le tableau ci-après fournit à cet égard tous les chiffres désirables :

DÉPARTEMENTS houillers.	MINES exploitées.	OUVRIERS EMPLOYÉS à l'intérieur. Hommes.	OUVRIERS EMPLOYÉS à l'intérieur. Enfants.	OUVRIERS EMPLOYÉS à la surface. Hommes.	OUVRIERS EMPLOYÉS à la surface. Enfants.	OUVRIERS EMPLOYÉS à la surface. Femmes.	TOTAL des ouvriers.	OUVRIERS participant aux caisses de secours. Nombre.	OUVRIERS participant aux caisses de secours. Rapport au nombre total des ouvriers pour 100.
Pas-de-Calais	20	17.615	2.155	5.007	303	725	25.805	25.461	98,6
Nord	14	13.450	2.123	3.107	158	421	19.259	18.958	98,4
Loire	47	11.370	70	5.004	628	524	17.596	17.538	99,5
Gard	27	7.126	211	4.077	375	469	12.258	12.192	98,7
Saône-et-Loire	11	4.583	299	2.592	430	478	8.382	8.382	100,0
Allier	12	3.553	»	1.583	269	168	5.573	5.554	99,6
Aveyron	23	2.749	»	1.207	125	508	4.589	4.313	93,9
Bouches-du-Rhône	8	1.738	147	639	28	78	2.630	2.620	99,6
Hérault	8	1.323	20	630	64	225	2.262	2.252	99,5
Tarn	1	1.128	74	635	97	41	1.975	1.900	96,2
Haute-Saône	4	1.072	»	378	56	36	1.542	1.542	100,0
Nièvre	1	774	36	373	52	110	1.345	1.345	100,0
Creuse	3	673	28	456	70	102	1.329	1.329	100,0
Puy-de-Dôme	8	929	2	369	64	15	1.379	1.273	92,3
Haute-Loire	4	853	»	378	60	30	1.321	1.185	89,7
Isère	19	678	»	211	10	2	901	828	91,9
Autres départements	98	2.117	86	877	60	31	3.171	2.565	80,9
Totaux et moyenne	308	71.731	5.251	27.523	2.849	3.963	111.317	109.237	98,1
		76.982		34.335					

Les renseignements réunis par les ingénieurs antérieurement, et indépendamment de ceux-ci, au sujet du personnel affecté à l'exploitation de la houille pendant l'année 1882, renseignements qui sont insérés dans la *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie*, portent l'effectif de ce personnel, en nombre rond, à 108.300 ouvriers, sans distinction d'âge ni de sexe, parmi lesquels 77.800 ont été occupés souterrainement et 30.500 à la surface (*).

(*) D'après la même *Statistique*, les salaires payés en 1882, aux 108.300 ouvriers sus-indiqués, se sont élevés à 119.016.000 francs, savoir : 94.996.000 aux ouvriers de l'intérieur et 24.020.000 à ceux de l'extérieur.

Le nombre des journées de travail a été en moyenne de 296 pour le personnel souterrain et de 295, presque identique, pour celui de la surface. La moyenne des salaires journaliers est res-

Si l'on compare ces nombres à ceux du tableau, on reconnaît que l'enquête consacrée aux institutions de prévoyance embrasse bien toute la population des houillères. L'excédent de 4.000 personnes environ, relatif aux travailleurs de la surface, correspond aux ouvriers des fours à coke et des usines à agglomérer installés sur le carreau des mines, c'est-à-dire à ceux qui ne s'occupent pas de l'exploitation proprement dite, mais que les propriétaires des charbonnages ont, avec raison, fait figurer dans leurs réponses comme étant susceptibles de participer aux caisses de secours établies sur les mines.

— Après avoir donné ces renseignements généraux, j'aborde l'examen des secours dont les mineurs sont appelés à bénéficier.

La première question à poser est la suivante :

Quel est le degré d'extension des caisses de secours, c'est-à-dire quel est le nombre des ouvriers qui y participent?

Comme le montrent les chiffres des deux dernières colonnes du tableau précédent, l'enquête a révélé que 109.237 mineurs, soit 98 sur 100, jouissent des bienfaits d'institutions de ce genre. La proportion est voisine de 100 p. 100, non seulement dans les grands

---

sortie à 4f,12 par personne pour la première catégorie, et à 2f,68 pour la seconde, soit à 1.220f,86 et 788f,61 respectivement pour l'année entière

Par rapport à l'année 1881, les salaires ont augmenté moyennement de 44 francs par personne indistinctement, et le nombre des ouvriers s'est accru de 1.900.

D'une année à l'autre, le montant de la production de charbon a passé de 19.776 000 à 20.600.000 tonnes.

Il est arrivé 1.445 accidents dans les houillères, tant à la surface que souterrainement : le nombre des mineurs tués a été de 154, et l'on a compté 1.336 blessés.

Les autres mines n'ont employé, en France, que 12.000 ouvriers environ; sur ce nombre, 14 ont été tués et 78 blessés.

centres houillers, mais encore dans les bassins de médiocre importance. Toutefois, dans les départements où l'extraction du charbon est très peu active, où les mines ne comptent qu'un fort petit nombre d'ouvriers, où par conséquent l'organisation de sociétés mutuelles est difficile, elle s'abaisse en moyenne à 81 p. 100.

En général tous les ouvriers d'une mine participent à la caisse de secours; les journaliers peuvent toutefois être exceptés, et d'ordinaire on exige un stage préalablement à l'admission dans la société. Il est donc naturel que, dans une mine, le nombre moyen des participants demeure légèrement inférieur à l'effectif des travailleurs.

On ne compte guère que 2.000 personnes attachées à des exploitations houillères dépourvues de semblables institutions. Le nombre de ces derniers charbonnages est de 103, et peut sembler assez élevé comparativement au total des houillères en exploitation qui est de 308; mais il convient de remarquer que leur personnel ne dépasse pas 1.070 ouvriers, soit 10 par mine seulement.

Parfois, comme dans certaines mines d'anthracite de la Savoie, les concessionnaires exploitent eux-mêmes avec l'aide d'un ou de deux ouvriers; ailleurs on emploie des nomades ou des étrangers; et dans ces conditions, il n'est pas étonnant qu'il n'y ait pas de secours organisés régulièrement.

En résumé, il résulte de l'enquête un premier renseignement fort important : c'est que, dans les houillères, 98 p. 100 des mineurs jouissent de secours assurés.

I

Revue des institutions organisées pour les mineurs dans les départements houillers.

Pas-de-Calais.

Les mines du Pas-de-Calais, qui n'occupent pas moins de 25.800 ouvriers, comme l'indique le tableau précédent, ont produit, en 1882, 5.706.000 tonnes de houille, soit 27,7 p. 100 de la production totale de la France, dont le montant s'est élevé, tant pour la houille et l'anthracite que pour le lignite, à 20.603.700 tonnes. C'est par ce département, qui tient aujourd'hui le premier rang pour l'extraction des combustibles minéraux, qu'il convient de commencer l'examen des institutions destinées à venir en aide aux mineurs.

Le rapport de M. l'ingénieur des mines Soubeiran, pleinement approuvé par M. l'ingénieur en chef Duporcq, expose la situation dans les termes suivants :

Toutes les compagnies houillères du Pas-de-Calais, au nombre de 18, ont des caisses de secours ; et presque tous leurs ouvriers, tant du fond que du jour, en font partie. Les ouvriers non sociétaires sont pour la plupart de simples manœuvres travaillant au jour, ou des femmes et des enfants employés au triage des pierres. Du reste dans un certain nombre de compagnies, tous les ouvriers sont d'office membres de la caisse de secours. Cette obligation est clairement énoncée dans les articles 1 et 3 du règlement suivant :

« Une caisse de secours mutuels est formée entre tous « les ouvriers attachés aux mines de Courrières. » (Article 1er.)

« Est tenu de participer aux charges comme aux béné-

« fices de la société tout ouvrier faisant partie de la « société des mines de Courrières ». (Article 3.)

De même, dans le règlement de Lens. Celui de la compagnie de Meurchin est encore plus explicite ; il spécifie que même les ouvriers du rivage doivent en faire partie. Pour d'autres mines, telles que celle de Nœux, l'obligation n'existe que pour les ouvriers du fond :

« Une caisse de secours est érigée en faveur des ou- « vriers employés par la compagnie de Vicoigne dans sa « concession de Nœux. »

« Il est laissé aux ouvriers du jour la faculté d'en faire « partie ou d'y rester étrangers, mais les ouvriers du « fond en feront partie de droit. L'adhésion d'un ouvrier « du jour l'oblige pour tout le temps qu'il reste attaché à « l'établissement. » (Article 1er).

Les caisses ont pour but de donner des secours, tant en argent qu'en nature, aux ouvriers malades ou blessés et à leurs parents, et d'assurer des pensions aux ouvriers âgés ou infirmes, à leurs veuves et à leurs orphelins en bas âge. La caisse prend en outre à sa charge, d'ordinaire, les frais de funérailles, le traitement des médecins, les médicaments et les frais d'instruction.

Pour pourvoir à tous ces besoins la caisse est alimentée, dans presque toutes les compagnies, par une retenue sur les salaires de 3 p. 100, par une subvention de la compagnie égale à 1 p. 100, et par quelques, recettes accessoires, telles que produit des amendes, intérêts du fonds de réserve, etc. Mais il est des exceptions à cette règle. Ainsi la caisse de secours n'est alimentée d'une façon régulière que par les retenues sur les salaires des ou vriers dans les compagnies de Lens et de Courrières entre autres ; mais à Lens la compagnie comble toujours le déficit de la caisse et, en 1882, elle a donné de ce chef 79.736 francs. A Courrières, la compagnie prend à sa charge les frais de médecin et d'instruction, et distribue

des secours directs. Somme toute, cela correspond au moins à une subvention de 1 p. 100. D'autre part, certaines compagnies (Marles et Ostricourt) donnent une subvention de 2 p. 100 à la caisse de secours, et enfin Bruay prend complètement à sa charge toutes les dépenses de la caisse.

Les secours accordés aux malades sont un peu supérieurs à un tiers de leur salaire moyen ; ils sont de moitié environ pour les blessés gravement atteints. Les médicaments sont donnés en plus, à titre gratuit, ainsi que certains secours en nature, tels que viande et vin. Ces secours, comme on peut en juger, ne sont donc pas très élevés. Un ouvrier infirme ou âgé (il faut qu'il ait dans ce dernier cas au moins de 10 à 15 ans de service, suivant les compagnies) n'a droit qu'à une pension qui varie de $0^f,50$ à $0^f,75$ par jour, et il faut bien dire que l'ouvrier mineur, quand il est vieux, est tellement cassé qu'il est incapable de tout travail. Les pensions des veuves et des orphelins sont moindres encore. Pour les enfants, elles sont en effet de $2^f,50$ à 3 francs par quinzaine, au-dessous de 12 ans ; passé cet âge, ils n'ont plus droit à rien.

La caisse de secours est en général entre les mains de la compagnie ; le comité d'administration compte bien des ouvriers dans son sein, mais ils sont choisis par le directeur. A Ferfay et à Meurchin, on trouve une organisation plus libérale : les membres ouvriers sont librement élus par leurs camarades ; et enfin à Lens et à Courrières, où à vrai dire (comme à Ferfay) les compagnies ne donnent de subvention qu'à titre gracieux, la caisse est gérée par les délégués ouvriers élus, présidés par l'agent général de la compagnie, seul représentant de cette dernière dans le comité.

— Ce n'est pas ici le lieu de reproduire le montant, pour chaque compagnie, des recettes et des dépenses des

caisses. Les unes et les autres sont en rapport avec le nombre des mineurs de chaque exploitation, et l'on vient de voir sur quelles bases elles sont établies. Le total général des dépenses correspondant aux secours pécuniaires et pensions alloués, ainsi qu'aux frais du service médical, s'est élevé dans le Pas-de-Calais à 1.100.726 francs, comme le montre le tableau synoptique D placé dans la dernière partie du présent rapport (p. 381), ce qui donne 43f,23 par sociétaire, secouru ou non. Ce point fera l'objet d'observations ultérieures et je ne l'indique ici qu'en passant.

Les compagnies s'imposent, en dehors des secours proprement dits, des sacrifices importants dont il est bon de mesurer l'étendue, sous peine de se faire une idée inexacte de la condition des mineurs.

Elles distribuent du charbon à leurs ouvriers mariés ou vivant en famille (4 à 5 tonnes par an) et de plus elles leur louent des maisons assez bien installées, pour un loyer mensuel de 4 à 5 francs.

M. Soubeiran a évalué en argent les sacrifices des différentes compagnies. Pour le charbon distribué aux ouvriers, qui est d'ordinaire sale et d'une vente difficile, il le compte à raison de 7f,50 la tonne. Pour les maisons ouvrières au nombre de 7.900, il admet que les loyers perçus payent les dépenses d'entretien, les impôts et les assurances et que la charge de l'exploitant est un peu supérieure à l'intérêt 5 p. 100 du capital immobilisé. Ce dernier varie beaucoup, d'une houillère à l'autre, suivant le prix des terrains, le type des maisons et leur nombre. En tenant compte des autres sacrifices des compagnies, tels que construction d'écoles, d'églises, etc., il évalue finalement à 2.745.000 francs la dépense totale que les exploitants du Pas-de-Calais ont prise à leur charge en 1882, pour venir en aide aux mineurs, soit moyennement à 106f,38 par ouvrier, y compris les

subventions aux caisses de secours précédemment indiquées.

Nord.

Toutes les compagnies houillères du Nord, au nombre de huit, subviennent, comme celles du Pas-de-Calais, au fonctionnement des trois services suivants :

1° Le paiement de retraites ou de pensions aux ouvriers âgés ou infirmes, aux veuves et aux enfants des ouvriers tués dans les travaux ou morts naturellement ;

2° La distribution de secours aux ouvriers blessés ou malades, à leurs femmes et à leurs enfants ;

3° Le règlement des frais de toute nature relatifs à un service de santé qui accorde gratuitement ses soins aux ouvriers malades ou blessés ainsi qu'à leurs familles.

Au point de vue de la provenance des fonds qui alimentent les caisses de prévoyance et de secours, les compagnies se partagent en trois classes distinctes.

Les compagnies d'Anzin et de Fresnes-Midi subviennent directement à toutes les dépenses relatives aux pensions, aux secours et au service de santé, sans prélever à cet effet aucune retenue sur les salaires de leurs ouvriers.

Au contraire, dans les compagnies d'Aniche, de l'Escarpelle, de Vicoigne et d'Azincourt, on trouve une caisse de prévoyance et de secours ayant une existence propre; cette caisse est alimentée : 1° par une retenue de 3 p. 100 faite sur les salaires de tous les ouvriers ; 2° par une allocation de 1 p. 100 sur les mêmes salaires faite par la compagnie ; 3° par divers produits accessoires (amendes, intérêts de fonds de réserve, etc.).

Enfin la mine de Douchy offre l'exemple d'une organisation mixte. D'une part, la compagnie supporte entièrement la charge du service médical et des pensions de secours qu'elle alloue aux ouvriers âgés ou infirmes, aux veuves et aux orphelins d'ouvriers tués dans les travaux

ou morts à la suite de maladie; d'autre part, les mineurs alimentent seuls une caisse de secours destinée à venir en aide aux ouvriers malades ou blessés, aux ouvriers retraités, aux veuves et aux ascendants des ouvriers tués dans les travaux. La compagnie se charge d'effectuer les paiements et de recevoir les cotisations. Celles-ci sont déterminées d'une manière spéciale : elles consistent en une somme bi-mensuelle de 0f,60 pour les ouvriers de première classe travaillant au rocher ou à la veine, et de 0f,30 pour les autres ouvriers. Toutefois une retenue de 0f,10, par hectolitre de pierres ramassées dans les charbons, est faite sur la partie de l'encaisse correspondant aux versements des ouvriers de la première classe; elle en forme environ le quart. La caisse de Douchy ne comprend que les ouvriers du fond, les moulineurs, machinistes, chauffeurs, maréchaux-ferrants et les ouvriers travaillant au jour par suite de blessures reçues dans la mine; elle ne compte, en conséquence, que 846 ouvriers, sur 1.120 qui y sont employés, tandis que, dans les autres houillères du Nord, les ouvriers travaillant au jour, sans distinction, participent aux secours comme les mineurs proprement dits.

J'emprunte au rapport de M. l'ingénieur en chef Peslin, les renseignements généraux suivants :

La composition du conseil qui fixe le taux des pensions et des secours varie suivant la provenance des fonds destinés à subvenir à ce service. Lorsque les fonds sont fournis directement par la caisse de la compagnie, sans retenue sur les salaires des ouvriers, les membres du conseil appartiennent tous à la direction de la compagnie. Lorsque les fonds proviennent en majeure partie de la retenue faite sur les salaires, l'élément ouvrier est appelé à faire partie du conseil; il peut même y constituer la majorité, et c'est ce qui a lieu par exemple à la compagnie de l'Escarpelle.

Pour la fixation des chiffres des pensions et des secours, une grande latitude est laissée aux conseils qui sont chargés d'apprécier la situation plus ou moins digne d'intérêt des postulants; et les chiffres inscrits dans les règlements ne représentent, suivant M. Peslin, qu'un minimum qui peut dans certains cas être doublé, ou même être porté encore plus haut.

Les divers avantages faits par les compagnies aux ouvriers employés dans leurs travaux (allocation gratuite de charbon, logement à prix réduit, etc.) sont également accordés aux ouvriers pensionnés ou secourus.

Dans une notice publiée en 1878, à l'occasion de l'Exposition universelle, la compagnie d'Anzin a indiqué toutes les institutions qu'elle a créées en faveur de ses ouvriers. Plusieurs compagnies possèdent des institutions analogues plus ou moins développées, telles que sociétés coopératives pour l'acquisition des denrées à prix réduit, sociétés libres de secours mutuels, etc.

L'allocation gratuite de charbon (environ 5 hectolitres par mois pour chaque ouvrier), et le logement à prix réduit dans les maisons ouvrières construites près des fosses, se retrouvent dans toutes les compagnies houillères sans exception, et constituent un supplément important des salaires.

On voit qu'au point de vue des secours, la condition des mineurs est à peu près la même dans le Nord que dans le Pas-de-Calais. Et en effet, il résulte de l'enquête que la dépense totale des pensions et secours temporaires, et du service médical, est ressortie en 1882, dans le département du Nord, à 888.315 francs, soit à 46f,86 par ouvrier participant.

Je crois utile d'ajouter quelques détails, en ce qui concerne Anzin, dont les mines occupent autant d'ouvriers que le bassin d'Alais tout entier.

Cette compagnie a dépensé 461.435 francs en 1882, pour les *secours et pensions*, savoir :

Secours temporaires en argent	177.000f
Pensions allouées aux ouvriers	184.540
— — aux veuves.	99.895

Le nombre des pensionnés a été de 762 ouvriers et de 720 veuves ; la pension a donc été en moyenne de 242f,04 pour les premiers et de 138f,74 pour les secondes. Le nombre d'ouvriers et d'anciens ouvriers secourus s'élève à 3.063, celui des parents d'ouvriers à 889, chiffres auxquels correspond un secours moyen de 44f,78 par personne.

Les dépenses du service médical, montant à 122.821 fr., donnent, si on les répartit entre 12.057 ouvriers, un chiffre de 10f,15 par ouvrier.

La compagnie a joint à sa réponse les tarifs des pensions et secours, le règlement sur le service de santé et d'autres documents. Elle déclare avoir dépensé, en 1882, 44.260 francs pour les écoles, 500.136 francs pour le chauffage gratuit ; en outre, 237.132 francs représenteraient ses pertes sur les loyers, et 10.169 francs ses pertes d'intérêts sur les avances de fonds aux ouvriers pour achat ou construction de maisons. Le total des frais supportés par elle s'élèverait ainsi à 1.375.953 francs.

D'après la notice publiée par la compagnie en 1878, le nombre des maisons ouvrières qu'elle possédait à cette époque s'élevait à 2.820 ; elle en avait vendu 93 aux ouvriers au prix de revient, moyennant de simples retenues mensuelles. D'autre part, pour encourager l'épargne, elle a établi en 1869 une caisse de dépôts. Une société coopérative, dite des mineurs d'Anzin, a été fondée en 1865, sous son patronage. Le service de santé est fait par douze médecins, qui donnent gratuitement leurs soins aux ouvriers malades ou blessés ainsi qu'à leurs

familles. Les ouvriers reçoivent gratuitement : 1° les médicaments ; 2° les secours pécuniaires déterminés par un règlement ; 3° des secours extraordinaires, s'il y a lieu ; 4° le vin, la viande et le bouillon nécessaires.

Des mesures patriotiques sont prises à Anzin et dans plusieurs autres mines à l'égard des ouvriers appelés sous les drapeaux. Le temps passé au service militaire leur est compté comme années de travail dans la mine, pour la fixation de la pension de retraite, et des secours journaliers sont donnés aux femmes et aux enfants des réservistes de l'armée active et des hommes de l'armée territoriale appelés à rejoindre leurs corps. Les secours sont, à Anzin, de 0f,50 par jour pour la femme et de 0f,25 par jour pour chaque enfant ; les enfants des soldats de l'armée active jouissent du même secours pendant l'absence de leur père.

On peut voir, par ces exemples, que les secours distribués en dehors des caisses de prévoyance jouent un rôle des plus importants dans le département du Nord, comme dans celui du Pas-de-Calais.

Avant de passer au bassin de la Loire, je signalerai le fonctionnement des secours à la mine de Crespin-lès-Anzin. C'est le cas intéressant (et dont on retrouve différents exemples plus loin) d'une mine ayant un personnel si restreint qu'il n'est pas possible d'y suivre l'exemple des grandes compagnies. Cette houillère n'emploie que 34 ouvriers : elle leur fournit gratuitement les soins médicaux et tous les médicaments, et les assure à une société d'assurances contre les accidents et les maladies (l'Union industrielle et agricole du Nord), moyennant la retenue ordinaire de 3 p. 100 sur les salaires et l'addition, aux frais de l'exploitant, d'une somme équivalente à la moitié environ de cette retenue. La société d'assurances rembourse annuellement à la caisse des ouvriers 20 p. 100

de l'excédent des sommes versées par celle-ci sur le montant des indemnités payées aux malades et aux blessés, dont le règlement a lieu sur les bases suivantes :

1° En cas de décès par accident : une indemnité égale à deux années du produit annuel du travail de la victime;

2° En cas d'incapacité permanente et absolue de travail, causée par un accident corporel survenu dans l'exercice de sa profession, tel qu'amputation d'un ou de deux membres ou perte de la vue, une indemnité égale à quatre cents journées de travail du blessé ;

3° En cas d'incapacité temporaire, pour blessures ou maladies, pendant 90 jours : moitié du salaire quotidien, et au delà de 90 jours : un tiers du même salaire.

Loire.

29 compagnies exploitent les 47 mines de houille en activité dans le département de la Loire (en laissant de côté les trois petites mines d'anthracite du Roannais, qui n'occupent que 22 ouvriers). Dans le sous-arrondissement minéralogique de Saint-Étienne on en compte 14, savoir : Roche-la-Molière et Firminy, Montrambert et la Béraudière, mines de la Loire, houillères de Saint-Étienne, Beaubrun, la Chazotte et la Calaminière, Le Cros, Montcel-Sorbiers, Montaud, Villebœuf, Janon et Reveux (forges de Terrenoire), Montieux, Montcel-Ricamarie (La Porchère) et la petite Ricamarie ; le personnel des mineurs est de 14.500. Dans celui de Rive-de-Gier, où il n'y a guère plus de 3.000 mineurs, on en compte 15, dont les plus importantes sont la société anonyme des houillères de Rive-de-Gier et ensuite la Péronnière, Plat-de-Gier, Saint-Chamond, Comberigol, les Grandes-Flaches.

Toutes ces compagnies ont rempli les questionnaires (il ne manque que ceux correspondant à la mine de

houille de la Porchère et aux mines d'anthracite du Roannais qui occupent fort peu d'ouvriers). En raison même de leur nombre, l'organisation des secours affecte dans la Loire des formes plus variées et présente plus de complication que dans le Nord et le Pas-de-Calais. Elle nécessite donc de plus grands détails; et je ne saurais mieux la faire connaître qu'en reproduisant presque *in extenso* le rapport de M. l'ingénieur en chef Castel, dont voici la teneur :

Toutes les compagnies exploitantes de la Loire ont un *service de secours*, et la plupart d'entre elles, celles du moins qui ont une certaine importance, ont une caisse de secours régulièrement organisée avec statuts.

Ces caisses sont en très grande majorité alimentées par une retenue sur le salaire des ouvriers, généralement de 3 p. 100; les exploitants fournissent le complément nécessaire pour équilibrer les recettes et les dépenses. Toutefois plusieurs compagnies ont supprimé la retenue et se chargent de tous les frais. Il en est ainsi pour les compagnies importantes de Montrambert et la Béraudière, de Firminy et Roche-la-Molière, de Rive-de-Gier, de la Péronnière, et même pour deux petites sociétés, celles de la petite Ricamarie et du Mouillon.

Le produit des amendes infligées aux ouvriers et les intérêts du capital de la caisse, quand elle en a un, se joignent à la retenue sur les salaires et à la subvention de la compagnie pour augmenter les ressources de l'institution.

Tous les ouvriers blessés par accident reçoivent les secours médicaux qui sont aux frais, soit de la caisse de secours, soit des exploitants, généralement de ces derniers.

Ils reçoivent en outre un secours en argent de 1 franc

par jour de travail. Quelques compagnies paient un chiffre un peu plus élevé. Ainsi, au Montcel-Sorbiers l'ouvrier blessé reçoit 1^{f},25; il en est de même à Janon et à Reveux. Aux houillères de Rive-de-Gier, l'ouvrier reçoit 1 franc s'il est célibataire, et 1^{f},50 s'il est marié; de même à la Faverge. A la Péronnière c'est 1^{f},25 et 1^{f},50. En revanche, à Saint-Chamond, le célibataire ne reçoit que 0^{f},75 par jour, et l'homme marié 1 franc. En outre, quelques compagnies ont adopté le jour civil au lieu du jour de travail, c'est-à-dire qu'elles donnent 30 francs par mois au lieu de 25; il en est ainsi aux houillères de Saint-Étienne.

Au secours donné à l'ouvrier blessé, les caisses ajoutent, sauf un petit nombre d'exceptions, un supplément à raison du nombre des enfants. Il est de 0^{f},25 par enfant au-dessous de 12 ans. Les compagnies de la Chazotte et de Villebœuf ont admis comme limite 13 ans, et celle de Janon 14; mais partout ailleurs on a pris celle de 12 ans. Quelques compagnies limitent le nombre des enfants subventionnés; presque toutes ont, en tous cas, fixé un maximum au secours à recevoir par l'ouvrier et sa famille, et l'ont arrêté aux deux tiers du salaire normal que touchait cet ouvrier au moment de l'accident.

Une compagnie, celle des forges de Terrenoire (Janon et Reveux) ajoute au secours pour le mari une subvention de 0^{f},25 pour la femme, tout en donnant 0^{f},25 à chaque enfant.

Les simples malades ne reçoivent généralement pas de secours en argent; mais le service médical est presque toujours gratuit et les médicaments sont, ou gratuits, ou à prix réduits. Bon nombre de compagnies leur accordent le chauffage et leur viennent en aide, suivant les cas, par des secours d'autre nature. Les secours médicaux sont d'ailleurs, dans plusieurs compagnies, étendus aux familles d'ouvriers.

En cas de mort par accident, les caisses donnent une pension aux veuves et une subvention aux enfants jusqu'à l'âge de 12 ans.

La pension accordée à la veuve est généralement de 0f,60 par jour de travail; mais quelques compagnies ont adopté le jour civil et paient, par conséquent, cette pension pour 365 jours par an au lieu de 300. Au Montcel, à Rive-de-Gier, à Comberigol, à Saint-Chamond, la pension journalière est de 0f,75; elle est de 1 franc à la Chazotte, à Tartaras, aux Grandes-Flaches, au Ban, à la Faverge et au Plat-de-Gier. La compagnie de Firminy donne 1 franc aux veuves âgées de 50 ans et plus, et 0f,75 à celles qui ont moins de 50 ans.

La veuve reçoit, en outre, 0f,25 par enfant au-dessous de 12 ans. Cette limite est portée à 13 ans dans les compagnies de la Chazotte et de Villebœuf, et quelques compagnies fixent un maximum pour le nombre des enfants recevant la subvention. Dans quelques-unes également les orphelins de père et de mère reçoivent une allocation journalière plus forte, 0f,50 aux Grandes-Flaches, 0f,375 à Comberigol et au Plat-de-Gier. Dans les statuts de la Chazotte il est spécifié qu'une veuve qui perd un fils unique dont le travail la faisait vivre, reçoit une pension comme à la mort de son mari.

Une veuve peut d'ailleurs perdre ses droits à la pension en cas de nouveau mariage ou de mauvaise conduite notoire. Quelques compagnies, notamment celles qui ont adhéré à la caisse centrale, ont établi que la veuve qui se remarie perd sa pension; mais elles lui accordent une dot équivalente à deux ou trois années de cette pension.

Le *droit à la retraite* n'existe que dans un certain nombre de compagnies; il est vrai que ce sont les plus importantes. D'après les statuts de la *caisse centrale*, tout ouvrier qui a travaillé pendant 30 ans dans une ou plusieurs des mines adhérentes, et qui a atteint 55 ans

d'âge, reçoit une pension de 300 francs par an ; et, s'il a travaillé plus de 30 ans, un supplément de 25 francs pour chaque année de travail en sus. La compagnie de Firminy a adopté les mêmes conditions et le même taux de pension.

A la Chazotte, l'ouvrier, pour avoir droit à la retraite, doit avoir travaillé 30 ans dans les mines de la compagnie et avoir 60 ans d'âge. La pension est de 0f,50 par jour.

Au Plat-de-Gier, l'ouvrier doit avoir 60 ans et avoir travaillé 25 ans à la mine. La pension est également de 0f,50 par jour.

A Montaud, mine appartenant à la compagnie du Creusot, l'ouvrier reçoit une pension de retraite proportionnelle au temps de service et au salaire touché par lui. Elle est assurée aux ouvriers ayant 25 ans d'âge et au moins 3 ans de service non interrompu dans les établissements du Creusot. Les versements sont faits par MM. Schneider et Cie, de leurs deniers, à la caisse des retraites de l'État ; ce sont des rentes viagères à capital aliéné. Le même versement se fait pour les femmes des ouvriers.

En cas de mort d'un ouvrier retraité appartenant aux compagnies adhérentes de la caisse centrale où à celle de Firminy, sa veuve reçoit une pension équivalente à la moitié de la retraite du mari, si elle a plus de 55 ans d'âge et plus de 5 ans de mariage. Un nouveau mariage ou une mauvaise conduite notoire lui font perdre la pension.

Quelques caisses accordent encore, en dehors des cas d'accidents, des secours aux ouvriers infirmes et aux parents ou ascendants d'ouvriers morts par accident.

Plusieurs compagnies, en dehors des caisses de secours, accordent aussi des secours aux ouvriers nécessiteux et à leurs familles, soit en espèces, soit en vêtements

et en chauffage ; quelques-unes leur assurent le service médical gratuit, et un assez grand nombre donnent des subventions pour les écoles.

Les caisses de secours sont généralement administrées par un conseil dans la composition duquel entrent à la fois des employés de la compagnie et des ouvriers ; presque toujours ceux-ci sont en majorité.

Six compagnies houillères, celles des mines de la Loire, des houillères de Saint-Étienne, des houillères de Montrambert, de Beaubrun, de la Péronnière et de Villebœuf, ont formé une institution spéciale, sous le nom de *caisse centrale;* elle est destinée : 1° à assurer le service de secours pour les ouvriers blessés, lorsque l'incapacité de travail dépasse la durée d'une année ; 2° à payer la pension des veuves et des enfants d'ouvriers morts par accidents, 3° à servir des pensions de retraite aux ouvriers qui ont atteint 55 ans d'âge, et qui ont plus de 30 ans de service dans une ou plusieurs des mines adhérentes ; 4° à servir la pension aux veuves des ouvriers retraités. Cette caisse distribue en outre des secours extraordinaires à la veuve qui perd un fils unique qui la soutenait, aux orphelins de moins de 12 ans élevés par un parent qui est tué ou qui est mort de ses blessures, au père de l'ouvrier mort, s'il est incapable de pourvoir à son existence et n'a pas d'autre enfant pour le soutenir.

Les recettes de la caisse centrale sont formées par les subventions que chaque compagnie adhérente doit fournir dans la proportion des secours et pensions provenant de son chef, en y ajoutant un quart en sus destiné à former un fonds de garantie, en rentes sur l'État ou en obligations. Elle est administrée par un conseil, composé par moitié d'ouvriers élus par leurs camarades et de délégués des exploitants, choisis parmi les directeurs, administrateurs et employés supérieurs.

L'engagement de chaque compagnie relatif à la subvention à fournir est pris pour vingt ans, et subsiste même en cas d'épuisement de la mine. En cas de liquidation ou de déconfiture d'une des compagnies dans cette période de 20 ans, le déficit, s'il y en a un, est supporté par les autres. La caisse centrale a commencé à fonctionner en 1867.

Il convient de citer comme digne de remarque, la mesure prise par deux petites compagnies du bassin de Rive-de-Gier, celles de Crozagaque et du Mouillon. Trop peu importantes pour former des caisses de secours présentant quelque garantie de sécurité, elles se sont adressées à une compagnie d'assurances « la Préservatrice » qui, moyennant un versement de 2 p. 100 sur les salaires, garantit le paiement des secours aux ouvriers blessés et à leurs familles, dans les conditions ci-après :

L'ouvrier blessé reçoit 1f,50 par jour pendant les trois premiers mois, et 0f,75 depuis le quatre-vingt-dixième jour jusqu'à la guérison complète. En cas d'incapacité permanente de travail professionnel, le taux de la rente viagère est porté à 200 francs, et à 300 francs en cas d'incapacité permanente et absolue. La compagnie d'assurances garantit en outre aux blessés les soins médicaux et les médicaments. En cas de mort par accident, la même compagnie paie à la veuve ou aux enfants mineurs un capital de 1.000 francs. Enfin elle prend à sa charge toutes les indemnités que la compagnie des mines pourrait être judiciairement condamnée à payer à des blessés, à des veuves ou à des orphelins.

— Après avoir totalisé les différents nombres inscrits dans les réponses des exploitants, pour le département de la Loire, chiffres qui, sous une forme différente, figurent plus loin dans les tableaux synoptiques relatifs à

l'ensemble de nos départements, M. l'ingénieur en chef Castel termine en faisant connaître son appréciation dans les termes suivants :

« Les caisses des grandes compagnies fonctionnent « bien et sont dans un état de prospérité satisfaisant. « Plusieurs de ces compagnies font d'ailleurs d'assez « notables sacrifices et donnent d'assez larges subven- « tions.

« On ne peut en dire malheureusement autant de « plusieurs petites compagnies. Si elles donnent des « secours aux ouvriers blessés et à leurs veuves, l'ou- « vrier n'y touche aucune pension de retraite. De plus, « la situation de la caisse de secours est assez précaire « et n'offre pas de garantie suffisante pour le paiement « des pensions aux veuves.

« Il y a évidemment lieu d'encourager une centrali- « sation comme celle qui a été opérée par la caisse cen- « trale. Non seulement cette caisse assure la distribution « des secours aux ouvriers gravement blessés, le paie- « ment des pensions aux veuves et des retraites aux « vieux mineurs ; mais encore, fait important, elle per- « met aux ouvriers de changer de mine et ne les force « pas de rester toujours attachés à la même compagnie, « sous peine de perdre leurs droits à la retraite.

« A un autre point de vue, il y a encore de notables « progrès à réaliser, c'est celui du taux des secours « et des pensions, qu'il est bien désirable de voir « relever. »

Comme on le voit par le rapport de M. Castel, toutes les mines importantes ont des secours organisés et je montrerai plus loin, en résumant l'enquête, que ces secours ne sont pas moins importants dans la Loire que dans les autres départements, contrairement à une opinion assez répandue.

Ce qui place les mineurs de Saint-Étienne et de Rive-de-

Gier dans un état d'infériorité par rapport à ceux du Nord et du Pas-de-Calais, c'est l'absence de cités ouvrières, de logements à prix réduits, et le peu d'abondance des distributions de charbon. Ce combustible n'est en effet alloué, à titre gratuit, le plus généralement qu'aux blessés et aux malades, ou encore aux veuves et aux infirmes. Parfois les médicaments ne sont gratuits que pour les blessés, et doivent être payés en totalité ou en partie par les malades.

Les exploitants accordent fréquemment des secours, pécuniaires ou en nature, aux ouvriers nécessiteux et à leurs familles, sous forme de libéralités; de même, ils subventionnent des écoles. Toutefois, les institutions destinées à venir en aide aux mineurs, en dehors des caisses de secours et de prévoyance, sont moins développées dans le bassin de Saint-Étienne que dans le nord de la France.

Gard.

Les institutions de prévoyance et de secours organisées dans les charbonnages du Gard, consistent principalement: 1° en caisses de secours; 2° en caisses de retraites, celles-ci moins répandues que les premières.

En dehors de ces institutions, les compagnies s'imposent des dépenses importantes au profit de leurs ouvriers, et leur font, sous une forme ou sous une autre, des libéralités qui contribuent à améliorer leur sort.

Le rapport de M. de Castelnau, ingénieur des mines à Alais, contient, à ce sujet, les renseignements les plus circonstanciés. Je crois devoir les reproduire ici, en majeure partie, pour les mines de la Grand'Combe et de Bessèges, dont la première occupe environ 4.600 et la seconde 2.800 ouvriers; je me bornerai à résumer ceux qui se rapportent aux autres exploitations du département

du Gard, beaucoup moins importantes que les précédentes.

Grand'Combe. — La *caisse de secours* est une association entre les ouvriers et les employés des mines de la Grand'Combe, obligatoire pour tous, dont le but et dont les charges sont : d'assurer aux sociétaires et à leurs familles les soins du médecin et les remèdes nécessaires en cas de maladie ou de blessure; de leur accorder, pendant ces temps forcés de chômage, un secours ; d'assurer aux veuves et aux enfants des ouvriers tués dans les travaux ou morts de blessures, une subvention; de servir une pension aux ouvriers et employés estropiés à la suite d'accidents; une retraite aux sociétaires au bout d'un nombre déterminé d'années, d'âge et de travail; une pension aux veuves des pensionnaires invalides ou des retraités; enfin d'assurer le service gratuit de l'instruction, pour tous les enfants des employés et ouvriers.

Les ressources de la caisse de secours se composent : 1° d'une retenue de 3 p. 100 sur les salaires ou appointements; 2° du produit des amendes; 3° des intérêts produits par les fonds de l'association versés dans la caisse de la compagnie, qui en sert un intérêt de 3 p. 100; 4° des dons dus à la libéralité de la compagnie qui prend notamment à sa charge tous les frais relatifs aux écoles et fournit gratuitement les locaux nécessaires aux hôpitaux et pharmacies. En retour de cette subvention, la caisse de secours s'engage à pourvoir au paiement de toutes les condamnations qui seraient obtenues devant les tribunaux, par des employés ou ouvriers, à raison de fautes, négligences ou maladresses reprochées à toutes autres personnes employées au service de la compagnie.

Celle-ci déclare avoir donné 70.000 francs en 1882,

tandis que la retenue de 3 p. 100 sur les salaires faisait entrer dans la caisse une somme de 175.000 francs; sa part contributive a donc été un peu supérieure à 1 p. 100 du montant des mêmes salaires.

L'administration de la caisse de secours est confiée à un comité présidé par le directeur de la compagnie et composé d'ingénieurs ou employés et d'un certain nombre d'ouvriers, ceux-ci élus par leurs camarades à la majorité absolue des votants, et investis de leur mandat pour tout le temps qu'ils passeront au service de la compagnie. Actuellement ce comité se compose de 46 employés et de 27 ouvriers.

La quotité des secours pécuniaires alloués est la suivante :

Cas de blessures dans les travaux de la compagnie.

Pension, 0f,50 par jour pendant la première quinzaine; 1 franc pendant la deuxième; 1f,50 pendant la troisième et les suivantes. Si l'ouvrier est marié, il peut lui être alloué, suivant ses ressources et celles de l'association, 0f,25 pour sa femme, 0,25 par chaque enfant au-dessous de 10 ans. Le secours mensuel ne pourra pas dépasser 65 francs. Pour les femmes et les enfants, le tarif du secours journalier est la moitié ou les deux tiers du précédent, suivant que le salaire est inférieur à 1 franc ou bien à 1f,75. Si la femme est veuve, elle reçoit 0f,25 pour chaque enfant de moins de 10 ans sans que le total puisse dépasser 1f,25 par jour.

Cas de maladie ou de blessures reçues en dehors du travail.

0f,50 par jour à partir du onzième jour de maladie; si l'ouvrier est marié, il peut recevoir en outre, suivant ses ressources et celles de l'association, 0f,25 pour sa femme et pour chacun de ses enfants sans que le secours puisse dépasser 1f,25 par jour.

La caisse alloue des pensions de retraite à tout sociétaire ayant au moins 55 ans d'âge, au moins 20 années

consécutives de travail, et dont la somme d'années d'âge et de travail égale 80. La pension varie de 1f,20 à 1f,50 par jour. Les veuves reçoivent 12 francs par mois, lorsqu'elles remplissent certaines conditions.

Tout ouvrier ou employé qui, par une cause quelconque, cesse d'être au service de la compagnie, perd tous ses droits, et ne peut réclamer le remboursement des retenues effectuées sur ses salaires. Ceci est d'ailleurs une règle générale inscrite dans tous les statuts des caisses de secours du Gard.

En dehors de la caisse de secours qui alloue des pensions de retraite, comme on vient de le voir, la compagnie a fondé une *caisse de retraites* spéciale, à laquelle prennent part les employés et les ouvriers, et qui est facultative pour ces derniers.

Les ressources comprennent : 1° une retenue de 1 p. 100 sur les salaires des sociétaires, sans que cette retenue puisse dépasser 24 francs par an ; 2° une allocation consentie par la compagnie de 1 p. 100 des bénéfices distribués aux actionnaires pendant une période de 15 ans (du 1er janvier 1870 au 31 décembre 1884).

Cette association est administrée par un comité présidé par le directeur de la compagnie et composé 1° d'employés, 2° d'ouvriers choisis parmi les déposants, et dont le nombre ne peut pas dépasser celui des employés.

Pour avoir droit à la retraite, il faut, à moins d'incapacité de travail bien constatée, justifier d'au moins 55 ans d'âge et de 20 à 25 ans de travail consécutifs (la somme d'années d'âge et de travail doit égaler 80).

Le taux de la pension de retraite est basé sur le tarif de la caisse des retraites pour la vieillesse créée par la loi du 18 juin 1850, capital aliéné (art. 7 des statuts). Toutefois, que l'allocation sus-indiquée soit suffisante ou

non, la compagnie garantit aux ayants-droit pendant le délai de 15 ans une retraite double de celle qui résulterait pour eux des dispositions de ce tarif.

Le nombre des sociétaires était, au 31 décembre 1882, de 288 employés et de 984 ouvriers. On peut dire qu'aujourd'hui tous les ouvriers établis et chefs de famille font partie de la caisse des retraites, bien qu'elle ne soit pour eux que facultative. Le nombre des pensionnés est de 207, dont 47 veuves. La moyenne des retraites, pour ceux qui font partie, à la fois, de la caisse de secours et de la caisse de retraite, est de 687f,35.

Il y a lieu de signaler, en outre, les avantages que la compagnie fait à ses anciens serviteurs. Depuis le 1er janvier 1882, tout ouvrier de la Grand'Combe, qui a 45 ans d'âge et 20 années consécutives de service, a droit à une haute-paye de 50 centimes par jour de travail effectif; et tout ouvrier, qui a 50 ans d'âge et 25 années consécutives de service, a droit à une haute-paye analogue de 1 franc. Le montant de ces suppléments de salaires s'est élevé à 65.000 francs, en 1882.

Enfin, pour favoriser l'esprit d'ordre et d'économie parmi ses ouvriers, la compagnie reçoit les dépôts d'argent qui lui sont faits par ses employés et ouvriers et leur en sert l'intérêt à 5 p. 100 pour les dépôts qui n'excéderaient pas 5.000 francs, et à 3 p. 100 pour les sommes supérieures : le dépôt total ne peut dépasser 10.000 francs.

Bessèges. — La *caisse de secours* organisée par la compagnie houillère de Bessèges, a un but et des charges analogues à celle de la Grand'Combe. Elle a pour ressources : 1° une retenue de 2 p. 100 sur les salaires des ouvriers et employés ; 2° une subvention mensuelle de la compagnie égale au total des retenues ci-dessus;

3° le montant des amendes ; 4° les intérêts des fonds versés dans la caisse (la compagnie les paie à raison de 5 p. 100) ; 5° les dons faits à la société.

Elle est gérée par un conseil présidé par le directeur, et composé d'un nombre égal d'employés et d'ouvriers ; ceux-ci sont élus par leurs camarades, nommés pour un an et rééligibles. Il est attribué aux conseillers ouvriers des jetons de présence et des indemnités de déplacement.

La quotité des secours pécuniaires est réglée comme il suit :

Cas de blessure dans les travaux de la compagnie.

1° Homme :

1f,25 par jour, fêtes et dimanches compris, pour un célibataire;

1f,50 par jour, fêtes et dimanches compris, pour un homme marié, plus 0f,25 par chaque enfant au-dessous de quatorze ans. Maximum fixé à 2 francs (que le conseil peut, en cas de blessure grave, porter à 2f,50).

2° Femme ou enfant au-dessous de 16 ans :

0f,60 par jour.

Cas de maladie ou de blessure reçue en dehors du travail.

1° Homme :

1 franc par jour, à partir du sixième jour de maladie, pour un célibataire;

1f,25 par jour, à partir du sixième jour de maladie, pour un homme marié, plus 0f,15 par enfant au-dessous de quatorze ans. Maximum fixé à 1f,70 (s'il s'agit d'une maladie longue et parfaitement caractérisée, le conseil peut appliquer le tarif des blessures).

2° Femme ou enfant au-dessous de 16 ans :

0f,50 par jour, à partir du sixème jour de chômage.

La veuve d'un sociétaire mort victime d'un accident ou de blessures reçues dans les travaux, jouit d'une pension de 25 francs par mois, plus 10 francs pour le premier enfant au-dessous de 14 ans et 5 francs pour chacun des autres, jusqu'au maximum de 50 francs. Le père, la mère ou l'ascendant, dont le sociétaire mort était le seul soutien, reçoit une indemnité une fois payée ou une pension à fixer dans chaque cas.

Les mineurs de Bessèges jouissent, en outre, d'une *caisse de retraites*, tout à fait distincte de la caisse de secours, bien qu'administrée par le même conseil et dont l'organisation est analogue, mais non identique à la caisse de retraites de la Grand'Combe. Elle est alimentée par une retenue de 1 p. 100 sur les salaires et par une allocation mensuelle de la compagnie égale au total des retenues opérées chaque mois.

Il faut, en général, en dehors du cas de blessures ou de maladies contractées dans le travail, avoir 55 ans d'âge et 30 ans de service, pour jouir d'une pension de retraite de 600 francs par an. Cette pension est reversible par moitié sur la tête des enfants orphelins jusqu'à l'âge de 14 ans, et sur celle de la veuve tant qu'elle ne se remarie pas.

Tout sociétaire qui, avant d'avoir l'âge de la retraite, quitte la compagnie, ou les héritiers d'un sociétaire mort avant d'avoir droit à la retraite, peuvent réclamer le remboursement du montant des retenues subies, qui s'effectue sans intérêt, à raison de 12 francs par an, somme représentant à peu près la moyenne de la retenue annuelle sur les salaires des ouvriers.

En dehors de ces institutions de prévoyance, la compagnie entretient trois hôpitaux, subvient aux écoles, paie les honoraires de quatre médecins, accorde à ses

ouvriers certaines libéralités. Ses charges se sont élevées, en 1882, à 217.551f,85.

Enfin, elle reçoit les dépôts d'argent de ses employés et ouvriers, sans aucune limitation, et leur en paye l'intérêt à 4 p. 100.

Autres houillères. — La compagnie des mines, fonderies et forges d'Alais, qui exploite la concession houillère de Trélys et Palmesalade, subventionne une caisse de secours, dont les ressources se composent principalement d'une retenue de 3 p. 100 sur les salaires et du produit des amendes. Elle a institué une caisse de retraites, dont elle supporte exclusivement la charge, en juin 1882. A la suite de cette mesure libérale, le règlement de la caisse de secours (laquelle se trouvait en déficit au 31 décembre) doit subir des remaniements importants; il n'y a donc pas lieu de s'y arrêter.

La société des mines de Portes-et-Sénéchas, dont la caisse de secours était loin de se trouver dans le même cas, en a aussi modifié le règlement, à partir du 1er janvier 1883, dans le sens d'une forte augmentation des allocations.

Des caisses de secours, alimentées par une retenue sur les salaires des ouvriers et plus ou moins largement subventionnées par les exploitants, se rencontrent aux mines de Cessous et Comberedonde, des Salles et Montalet, de Lalle, de Rochebelle, de Saint-Julien de Peyrolas (cette dernière depuis octobre 1882 seulement), de Lanuéjols.

Il n'en existe pas dans quatre petites mines de lignite, où fort peu d'ouvriers, d'ailleurs, sont employés et où leur organisation était par conséquent à peu près sans objet. Cependant d'autres mines, où les conditions sont analogues, ont eu recours à des compagnies d'assurances, telles que la *Préservatrice*, la *Centrale* : ce sont celles

de Soulanou, de Gaujac, de Barjac, d'Aigaliers. Tantôt les ouvriers, tantôt les exploitants paient une prime équivalente à 2 p. 100 des salaires, moyennant laquelle des rentes annuelles et viagères sont assurées aux victimes des accidents. Des indemnités quotidiennes sont, en outre, allouées en cas de maladie, aux mineurs de Barjac, moyennant une cotisation de 4 p. 100 sur le montant des salaires, dont plus d'un tiers (1,7 p. 100) est payé par l'exploitant.

Aux divers avantages précédemment énumérés il convient d'ajouter la gratuité des écoles, que la plupart des compagnies ont assurée d'une manière complète aux enfants de leur personnel, celle du chauffage, et la fondation de certains établissements de bienfaisance, tels que les hôpitaux de la Grand'Combe, de la compagnie houillère de Bessèges, des mines de Portes, de Cessous, de Trélys et de la compagnie de Terrenoire, l'orphelinat créé par cette dernière compagnie pour les filles d'anciens ouvriers, et aussi les magasins de vins et d'approvisionnement où les ouvriers trouvent, à prix coûtant, tout ce qui est nécessaire à leur subsistance.

En transmettant à l'Administration supérieure le rapport de M. de Castelnau, M. l'ingénieur en chef des mines Julien y a joint les remarques suivantes :

Dans le département du Gard, la retenue sur le salaire des ouvriers est presque toujours de 3 p. 100, excepté pour la compagnie houillère de Bessèges où elle est seulement de 2 p. 100, tandis que les secours accordés sont notablement plus considérables dans des cas semblables pour cette compagnie que pour les autres. L'administration de la caisse de secours est aussi plus libérale puisqu'il y entre un nombre d'ouvriers égal à celui des employés et que ces ouvriers sont toujours sous le coup

de la réélection, étant nommés par leurs camarades seulement pour un an.

Le conseil d'administration, pour quelques autres mines, renferme bien des ouvriers, mais désignés par les ingénieurs, comme à Rochebellé et Cendras.

En ce qui concerne la mine de Lalle, la compagnie ne donne pas à la caisse de secours qui est alors administrée exclusivement par les intéressés, mais présidée par un représentant de la compagnie. Celle-ci alloue, sous une autre forme, ce que les autres versent à la caisse de secours. Cette caisse ne paie, en effet, que 70 p. 100 des frais de médicaments et les secours pécuniaires pour les chômages, tandis que la compagnie prend à sa charge les frais de médecins et les 30 p. 100 qui restent dus sur les médicaments, indépendamment des sommes accordées pour des accidents dont la responsabilité lui incombe.

Les caisses de retraites sont encore peu répandues; mais il est facile de voir que les compagnies qui n'en ont pas sentent le besoin d'en créer et que, pour quelques-unes, la date de la fondation est arrêtée; en outre, quelques compagnies donnent des retraites proportionnées à l'âge et au temps de travail, sans avoir pour cela de statuts arrêtés à l'avance.

La Grand'Combe et Bessèges ont des caisses de retraites administrées indépendamment des caisses de secours, soit par un comité spécial, comme à la Grand'-Combe, soit par le même, comme à Bessèges. Les retraites sont accordées à 55 ans d'âge et après 20 ou 30 années consécutives de service.

La Grand'Combe a en outre créé, depuis le 1er janvier 1882, une caisse de prévoyance ou de haute-paie qui lui a coûté 65.000 francs en 1882.

Enfin, indépendamment de tous ces sacrifices, la plupart des compagnies reçoivent en dépôt l'argent des ou-

vriers en payant un intérêt assez élevé et prennent également à leur charge les hôpitaux, les maisons d'écoles, etc.; elles ont aussi des magasins de vivres qui leur permettent de donner meilleur et à meilleur marché.

M. Julien déclare, en terminant, que les compagnies du Gard remplissent bien leurs devoirs envers leurs ouvriers.

Saône-et-Loire.

Ce département comprend dix concessions de houille en pleine exploitation, toutes pourvues de caisses de secours. Il n'existe pas encore d'institution de ce genre dans une onzième concession (Perrecy-les-Forges) où les travaux sont récents et incomplètement organisés.

Les mines sont entre les mains de quatre compagnies seulement; leurs caisses de secours présentent de notables différences d'organisation.

Aux houillères du Creusot, de Montchanin et de Longpendu, MM. Schneider et Ce font tous les frais des secours sans exercer de retenues sur les salaires des mineurs, tandis que les autres caisses, dont je m'occuperai d'abord, sont alimentées par de semblables retenues.

Le rapport de M. l'ingénieur en chef des mines Delafond contient, à cet égard, les détails suivants :

A Blanzy et à Saint-Bérain, la caisse est alimentée : 1° par une retenue de 3 p. 100 sur les salaires des ouvriers; 2° par une somme égale à la précédente payée par la compagnie; 3° par le produit des amendes et des dons.

A Epinac, la caisse est alimentée par une retenue de 3 p. 100 sur les salaires, et par les amendes infligées aux ouvriers. La compagnie se renferme dans les obligations qui lui sont imposées par le décret du 3 janvier

1813; elle se borne à payer le médecin et les médicaments dans les cas d'accidents.

A la Chapelle-sous-Dun, les ressources sont fournies par une retenue de 3 p. 100 sur les salaires; la compagnie paie le médecin, les médicaments et les fournitures diverses en cas « de maladies, de blessures ou morts. »

A Blanzy, les dépenses de la caisse de secours consistent : en secours temporaires ou permanents aux ouvriers malades ou blessés, à leurs femmes, à leurs descendants ou ascendants ; en soins aux blessés et malades (*médicaments*, *garde-malades*, *etc.*); dans les honoraires des médecins et du personnel de l'hôpital et de la pharmacie; dans l'entretien et renouvellement du matériel affecté à l'usage de l'hôpital, de la pharmacie et du service médical; dans les frais funéraires des ouvriers tués dans les travaux; dans les traitements du personnel des écoles et des salles d'asile, et dans le paiement des fournitures et du mobilier scolaires; dans le paiement des indemnités auxquelles la compagnie peut être condamnée judiciairement à la suite d'accidents.

A Épinac, les dépenses de la caisse sont les suivantes : secours temporaires ou permanents pour maladies ou blessures qui sont la conséquence de la profession; entretien de l'infirmerie (linges, aliments, etc.); traitement du personnel et location de l'immeuble; loyers des écoles et frais d'instruction des enfants des veuves ou ouvriers pensionnés.

A la Chapelle-sous-Dun, la caisse de secours sert exclusivement à donner des secours temporaires aux blessés ou aux malades et des secours permanents aux veuves, descendants ou ascendants des ouvriers tués.

Une disposition équivoque de l'article 16 dit qu'au cas où la compagnie serait condamnée judiciairement au paiement de dommages-interêts, la caisse de secours pourra prendre le lieu et place de la compagnie.

M. Delafond fait observer, d'une façon générale, que les caisses de secours ne semblent pas destinées, par leur nature, à comprendre les frais d'écoles, et que le fait de mettre à leur charge, c'est-à-dire de faire payer par les ouvriers, en partie, les indemnités auxquelles les compagnies sont condamnées judiciairemeut, constitue une mesure tout à fait vicieuse.

Comme le portent les statuts, presque partout, l'ouvrier qui quitte la houillère perd ses droits à l'actif social et aux avantages de la caisse.

La quotité des secours accordés varie d'une mine à l'autre. Comme exemple on peut citer le cas, assez habituel, d'un ouvrier marié et père de famille, atteint par la maladie ou victime d'un accident et soigné à domicile. La compagnie des mines de Blanzy alloue 1 franc par jour pour l'ouvrier et sa femme, et 25 centimes pour chaque enfant âgé de moins de douze ans.

Le mode d'administration des caisses diffère.

A Blanzy, la caisse de secours est administrée par un conseil composé de dix-huit membres, dont dix sont des employés de la compagnie. Une modification des tarifs ne peut avoir lieu qu'avec le consentement du gérant, président de droit du conseil d'administration.

A Épinac, les administrateurs sont au nombre de sept : le directeur de la houillère et six ouvriers élus par leurs camarades ; une modification ne peut être introduite dans les règlements qu'avec le consentement du directeur.

A la Chapelle-sous-Dun, il y a dix administrateurs, dont quatre employés de la compagnie et six ouvriers. C'est la compagnie elle-même qui choisit tout d'abord les six ouvriers, ces derniers désignent ultérieurement leurs successeurs.

Le cas de modification des statuts n'est pas prévu.

En analysant les recettes et les dépenses des caisses, et en éliminant les articles qui ne lui paraissent pas

devoir y figurer précisément, M. Delafond conclut que pour les trois sociétés de Blanzy, d'Épinac et de la Chapelle-sous-Dun, nonobstant certaines différences plus apparentes que réelles, la presque totalité des pensions et secours accordés provient des versements des sociétaires; les concessionnaires ne supportent guère que les frais du service médical, d'ailleurs d'une manière large et complète, en allant fort au delà des exigences du décret de 1813. Mais il faut remarquer que les concessionnaires font en outre de sérieux avantages aux mineurs pour leur logement et pour leur chauffage. A Blanzy, MM. Chagot mentionnent pour ces deux articles une dépense de 86.605 francs.

La société de Blanzy possède d'ailleurs, en dehors de la caisse de secours dont il vient d'être question, une *caisse de retraites* dont elle supporte tous les frais et qui s'applique à tout le personnel employé soit au fond, soit au jour.

Le règlement de cette caisse, qui date de 1854, mais qui a été profondément modifié à partir du 1er janvier 1882, exige de l'ouvrier cinquante-cinq ans d'âge et trente années de service près de la société pour avoir droit à la retraite. Chaque année de service supplémentaire au delà de cinquante-cinq ans entraîne une augmentation dans la pension. Un mineur ayant cinquante-cinq ans d'âge et trente ans de service reçoit une pension de 450 francs; à soixante ans d'âge, et après trente-cinq ans de service, le même ouvrier reçoit 600 francs.

En cas d'infirmités contractées dans les travaux, une retraite proportionnelle peut être accordée à tout ouvrier ayant au moins quarante-cinq ans d'âge et vingt ans de service.

Enfin, et c'est là une disposition très libérale, les statuts de la caisse de retraites ont un effet rétroactif, en ce sens que les ouvriers peuvent faire valoir leurs

années de services antérieurs à l'institution de ladite caisse.

Tout agent ou ouvrier, qui quitte la mine, ou qui est renvoyé, n'a aucune indemnité à réclamer à la caisse; une retraite accordée peut même, en tout temps, être suspendue ou supprimée par ordre du gérant « pour des motifs très graves dont il sera seul juge ».

En somme, écrit M. Delafond, la caisse de retraites de la société de Blanzy est une excellente institution, qui apportera certainement une amélioration considérable dans le sort des ouvriers mineurs.

— Les houillères du Creusot, et même celles de Montchanin et de Longpendu, jouissent d'une caisse de secours et d'une caisse de retraites dont MM. Schneider et Cie font entièrement les frais, sans exercer aucune retenue sur les salaires.

Aux mines du Creusot, le tarif des indemnités allouées aux blessés ou aux malades ne diffère pas, d'une manière notable, de celui qui est usité dans les autres houillères; il est même plus élevé qu'à Épinac et à la Chapelle-sous-Dun, où le maximum de l'indemnité est fixé à 1 franc par jour, tandis qu'au Creusot il est porté à 2 francs. A Montchanin et Longpendu (mines limitrophes ayant la même caisse de secours), l'indemnité aux blessés et aux malades est fixée uniformément à 1 franc par jour,

La caisse de retraites est organisée depuis 1877; MM. Schneider et Cie versent annuellement, pour chaque ouvrier marié, une somme égale au moins à 3 p. 100 du montant des salaires, et à 2 p. 100 si l'ouvrier est célibataire. Pour avoir droit à cette faveur, il suffit que l'ouvrier soit depuis trois ans au service de la compagnie, et soit âgé d'au moins vingt-cinq ans.

En 1882, les versements ont été :

Au Creusot	43.713f,97
A Montchanin et Longpendu.	39.918f,50

Chaque ouvrier est propriétaire d'un livret dont il a la libre disposition. Il peut quitter la compagnie du Creusot, s'il le désire; son livret lui reste.

Les versements sont faits à la *caisse des retraites de l'État.*

Il y a encore lieu de mentionner accessoirement l'institution d'une caisse d'épargne, administrée gratuitement par la compagnie. MM. Schneider et Cie ont depuis longtemps déjà établi la gratuité dans leurs écoles; ils donnent aux ouvriers le chauffage gratuit et logent le plus grand nombre d'entre eux dans des bâtiments dépendant de leurs établissements, moyennant des prix très réduits.

La caisse de secours du Creusot, fondée en 1838, fonctionnait, avant l'organisation actuelle qui date du 1er septembre 1872, au moyen d'une retenue de 2 1/2 p. 100 sur le salaire des ouvriers.

Le service médical, qui englobe à la fois les mines et les usines du Creusot, mérite d'être cité. Ce service comprend, d'après les déclarations des propriétaires, un médecin en chef, trois médecins pour la ville et un pour la campagne, un pharmacien et un aide-pharmacien. Des cabinets de consultation sont ouverts tous les jours de onze heures à une heure. Les médecins reçoivent les malades qui peuvent s'y rendre, et vont voir à domicile ceux que leur état empêche de sortir. Ils délivrent les ordonnances pour l'obtention des médicaments. Une salle spéciale est réservée, dans la pharmacie, pour recevoir et traiter les ouvriers victimes d'accidents graves. Tous les ouvriers et employés occupés dans les usines du Creusot, ont droit aux soins médicaux et aux secours pharmaceutiques pour eux, leurs femmes et leurs enfants au-dessous de quinze ans. Il y a un médecin affecté

spécialement aux mines de Montchanin et de Longpendu, et deux sœurs infirmières. Pour les trois houillères, les frais du service médical se sont élevés à 27.762 francs en 1882, soit une moyenne d'un peu plus de 13 francs par ouvrier employé aux mines.

Autres départements.

Dans les autres départements existent des institutions analogues.

D'après le rapport de M. l'ingénieur des mines de Béchevel, à Decize (Nièvre), MM. Schneider et Cie donnent aux pères de famille des secours en argent proportionnés au nombre d'enfants; toute la famille a droit aux médicaments et aux visites du médecin. En cas de mort du père, la veuve et les enfants reçoivent une pension. La compagnie fait des versements trimestriels à la *caisse des retraites de l'État* pour tout le personnel. Le taux minimum du versement est de 3 p. 100 du salaire de l'ouvrier, dont 1 p. 100 sur la tête de la femme. MM. Schneider et Cie font participer leurs employés et ouvriers à leurs bénéfices en élevant le taux du versement à la caisse des retraites; dans ces dernières années, ce taux a été de 9 p. 100, et le total des sommes ainsi conférées à l'État a été, en 1882, de 59.703f,75.

Une caisse d'épargne gérée par la compagnie reçoit les économies des ouvriers au taux de 5 p. 100. Les enfants sont élevés gratuitement dans un ensemble d'écoles comprenant salles d'asile, classes de filles et classes de garçons. Des prêts en argent s'élevant jusqu'à 3.000 fr., remboursables par retenues mensuelles de 20 à 25 francs, peuvent être faits à ceux des ouvriers qui veulent acheter des terrains ou faire construire.

M. de Béchevel fait remarquer que toutes ces mesures

font grand honneur à la compagnie Schneider qui a déboursé, en 1882, 12.534^f,75 sous forme de pensions et de secours proprement dits, et 21.053^f,81 relatifs à certains frais que supportent habituellement les caisses de prévoyance. Si l'on ajoute à ces deux nombres les 59.703^f,75 versés à la caisse des retraites, on arrive à un total de 93.292^f,31 pour un personnel ouvrier de 1.345 individus, soit 69^f,34 par personne.

Dans l'Allier, les exploitants de Commentry donnent à chaque ouvrier blessé 0^f,50 par journée perdue, 0^f,25 pour la femme, 0^f,10 pour chacun des enfants de moins de 13 ans. Des secours sont accordés aux ouvriers nécessiteux. Des pensions, variant de 15 à 50 francs par mois, sont servies aux parents d'ouvriers morts par accident. Des pensions de retraite de 15 à 20 francs par mois sont données aux invalides. La compagnie pourvoit à l'instruction des enfants. Ces différentes charges ont entraîné, en 1882, une dépense totale de 94.347^f,85 pour 1.644 ouvriers, soit 57^f,39 par tête.

D'après le même ingénieur, dans les autres mines de l'Allier, dans celles du Puy-de-Dôme, de la Haute-Loire et du Cantal, la coopération des exploitants et des ouvriers pour l'alimentation des caisses de secours est le mode le plus répandu. Les ouvriers subissent une retenue de 2 ou 2,5 p. 100; et les exploitants apportent un complément de fonds, variable comme les besoins dans certaines mines, déterminé d'avance dans les autres, et alors en relation directe avec la contribution des ouvriers.

A Bézenet, on retient aux ouvriers 2,50 p. 100 du salaire. La caisse a été dotée à l'origine d'une somme de 15.000 francs; elle est subventionnée par la compagnie dans une assez large mesure puisque, pour 33.000^f,65 versés par 1.413 sociétaires, les exploitants ont donné 19.195^f,75, et que 55.540^f,25 ont été distribués sous une

forme ou sous une autre, à raison de 39f,30 par sociétaire. La compagnie entretient pour ses ouvriers un hôpital, une école de garçons avec 233 élèves, une école de filles qui en compte 306, un ouvroir où travaillent plus de 30 jeunes filles.

Une société coopérative de consommation a été établie en 1869, au capital de 100.000 francs souscrit et versé par 416 ouvriers et employés. Il a été vendu, en 1882, pour 574.907f,16 de marchandises, les actionnaires ont reçu 10 p. 100 d'intérêt et de dividendes.

Dans l'Aveyron et dans le Tarn, les ouvriers des principales exploitations sont constitués en *sociétés de secours mutuels*, alimentant leur caisse avec une retenue de 2 1/2 à 3 p. 100 sur les salaires. C'est le cas aux mines de Decazeville, à celles de la régie d'Aubin, aux mines de Carmaux.

Les statuts ne prévoient aucune contribution à la caisse de la part des exploitants.

Ceux de la société de secours mutuels de Carmaux contiennent une disposition particulière, bonne à signaler. La caisse perçoit une retenue égale au montant d'une journée de travail pour tout ouvrier admis pour la première fois dans la mine, ou y rentrant après en être sorti.

La société nouvelle des houillères et fonderies de l'Aveyron se distingue par la large subvention dont elle gratifie la caisse de secours mutuels. Entre autres mesures philanthropiques, elle entretient pour les ouvriers des mines et des usines de Decazeville un hôpital de soixante-cinq lits qui lui appartient, ainsi qu'une pharmacie : le nombreux personnel qui y est employé est entièrement à sa charge. Elle subvient aussi à des pensions de retraite basées sur le salaire des six dernières années et accordées après cinquante-cinq ans d'âge et trente ans de service.

Une société, celle de Bouquiès-Decazeville, a fondé une caisse d'une organisation différente, qu'il est intéressant de connaître. Les ressources consistent dans le versement que font les exploitants d'une somme de 0f,30 par tonne de houille extraite, sans aucune retenue sur les salaires des ouvriers. Les allocations, en cas de maladie ou de blessure, sont conformes au règlement de la caisse de la société des houillères et fonderies de l'Aveyron.

Ce serait fatiguer inutilement le lecteur que de décrire l'organisation des autres caisses. Quels que soient les départements, elles présentent la plus grande analogie, et se réduisent à un petit nombre de types. L'un d'eux mérite de fixer encore l'attention.

On a vu précédemment que pour quelques mines douées d'un personnel très restreint, comme à Crespin (Nord), à Crozagaque et au Mouillon (Loire), les versements des ouvriers ou des exploitants sont transmis à des *compagnies d'assurance*. Cette combinaison se rencontre encore aux charbonnages de Messeix (Cantal), de Lapleau et de Chanac (Corrèze), de Mourière (Haute-Saône), aux mines de lignite de la compagnie des mines de charbon des Alpes, de Banc-Rouge (Ardèche), de Communay (Isère), de Méthamis (Vaucluse).

Les 16 exploitations qui ont recours aux compagnies d'assurances emploient 559 ouvriers, ce qui donne un effectif de 35 ouvriers seulement par mine.

Dans la partie de son rapport relative aux petites houillères de la Corrèze, M. l'ingénieur des mines de Grossouvre exprime l'opinion que, dans tous les cas où la caisse de secours n'est pas assurée d'avoir des ressources suffisantes pour parer à un accident grave, il est préférable que l'exploitant fasse assurer ses ouvriers à une compagnie d'assurances contre les accidents. Les

compagnies de ce genre, dont le nombre en France tend à s'accroître assez rapidement depuis quelques années, à l'exemple de l'Angleterre où elles ont acquis depuis longtemps un grand développement, centralisent les risques, et arrivent à opérer dans des conditions moyennes qui leur assurent une marche régulière.

M. l'ingénieur en chef des mines Orsel, en transmettant le rapport dont il s'agit, exprime la même opinion, et considère comme hors de doute que les centres d'exploitation qui n'emploient qu'un faible nombre d'ouvriers auront tout avantage à recourir à des compagnies d'assurances, moyennant des sacrifices annuels modérés de la part des ouvriers et des exploitants.

III.

RÉSUMÉ DE L'ORGANISATION DES SECOURS; RÉSULTATS STATISTIQUES DE L'ENQUÊTE.

Au point de vue de la distribution des secours, les caisses affectent des formes variées.

Tantôt elles subviennent à la fois aux secours temporaires et aux pensions de retraite, comme c'est le cas général dans le Pas-de-Calais. Tantôt il y a des caisses de retraites distinctes des caisses destinées à fournir les secours les plus urgents aux malades et aux blessés, par exemple à Anzin, au Creusot, à Blanzy, à la Grand'Combe, à Bessèges, à Trélys (Alais).

Quand les ressources des caisses sont insuffisantes, ce qui arrive fréquemment dans les exploitations de médiocre importance, les mineurs ne sont assurés d'aucune pension de retraite et ne reçoivent que des secours immédiats, sauf le cas où ils sont victimes d'accidents entraînant la responsabilité des exploitants.

Enfin un certain nombre de mines n'ont pas de caisse proprement dite, et ont recours à des sociétés d'assurances.

Lorsque plusieurs concessions voisines sont réunies dans les mêmes mains, les caisses sont généralement fusionnées. Dans le cas contraire, elles sont toujours distinctes, excepté dans la Loire, où la *caisse centrale* fournit l'unique exemple d'une institution de prévoyance commune à plusieurs compagnies différentes; on a vu qu'elle fonctionne surtout comme caisse de retraites, en dehors des caisses particulières organisées par les mêmes compagnies, et distribue aussi des indemnités aux victimes des accidents.

Cette diversité d'organisation n'a pas permis de distinguer la part des retraites dans le montant général des secours distribués en 1882.

En ce qui concerne le service médical, tantôt les frais en sont partagés entre les sociétaires et les exploitants; tantôt ces derniers les prennent exclusivement à leur charge. Les visites du médecin ou du chirurgien sont assurées, presque partout et gratuitement, aux malades aussi bien qu'aux blessés. Les médicaments sont gratuits pour les blessés, mais pas toujours pour les malades, auxquels ils sont toutefois livrés à prix réduits.

Les frais de funérailles tombent à la charge des caisses, dans des conditions déterminées, lorsque les statuts en font mention.

Les renseignements obtenus ont permis, pour la plupart des mines, de connaître le montant des dépenses du service médical comprenant les honoraires des médecins, les médicaments, les frais d'hôpitaux et de funérailles, et, parfois, des aliments, du vin, du linge, etc. Lorsqu'ils faisaient défaut, j'ai cru devoir y suppléer par des évaluations basées sur les chiffres relatifs aux autres exploitations du département; pour la Loire, où les réponses

aux questionnaires ne donnent généralement pas le détail des dépenses, j'ai eu recours à un rapport de M. l'ingénieur en chef Castel, concernant l'année 1881, et spécial au sous-arrondissement de Rive-de-Gier. Il m'a été ainsi possible d'indiquer séparément, dans les tableaux qui suivent, d'une part les secours pécuniaires, d'autre part les frais de service médical.

La classification que j'ai adoptée pour ces tableaux, après un examen approfondi, comme étant celle qui permet le mieux de présenter les résultats numériques de l'enquête, dans un ordre régulier et sans lacune, est basée sur le mode d'alimentation des caisses de prévoyance.

Les mines se divisent à ce point de vue, en trois catégories, suivant qu'elles sont pourvues de caisses :

1° Alimentées par des retenues sur les salaires des mineurs et par des subventions proportionnelles des exploitants ;

2° Alimentées par des retenues sur les salaires des mineurs, sans que les subventions des exploitants soient réglées ;

3° Alimentées exclusivement par les exploitants, sans aucune retenue sur les salaires.

J'ai expliqué précédemment que les renseignements ne permettaient de distinguer qu'exceptionnellement les pensions viagères et les secours temporaires. Par suite, les chiffres des tableaux se rapportent aux opérations des caisses de prévoyance pour les mineurs, sans distinction, qu'on les désigne sous le nom de caisses de secours, sous celui de caisses de retraite ou sous celui de caisse centrale. Les mines qui versent les fonds destinés à venir en aide aux mineurs à des compagnies d'assurances, ont été considérées comme ayant des caisses de prévoyance propres, dont elles auraient simplement confié la gestion

à ces compagnies, tout en bénéficiant des avantages de la collectivité.

Dans un certain nombre de houillères, les exploitants ne se contentent pas de verser leurs cotisations dans les caisses de secours, où elles s'ajoutent à celles des ouvriers; ils distribuent encore des secours directement et en dehors de ces caisses; souvent, par exemple, ils supportent seuls les frais des médecins et des médicaments. Ces dépenses devaient manifestement être englobées dans les tableaux statistiques relatifs au fonctionnement des secours sur les charbonnages; elles y figurent toutefois d'une manière distincte.

Avant d'examiner ces tableaux, résumons rapidement l'organisation des caisses et jetons un coup d'œil d'ensemble sur le taux des secours, points sur lesquels des détails ont déjà été donnés successivement pour nos principaux départements houillers.

Les mines dont les ouvriers subissent des retenues proportionnelles à leurs salaires, ont des caisses pourvues en général de statuts, qui règlent la manière dont les fonds sont administrés. Le conseil est composé en partie d'ouvriers, tantôt élus par leurs pairs, tantôt désignés par les patrons, en partie d'employés. Le directeur de la mine ou son délégué préside le conseil. Parfois il n'y a pas de conseil, ou bien l'administration des fonds de secours appartient entièrement à la compagnie. Quand les exploitants prennent toutes les dépenses à leur charge, les ouvriers n'ont aucune part dans l'administration des fonds, ou n'interviennent que pour la forme. Il en est de même lorsque les cotisations sont versées à des compagnies d'assurances.

Un certain nombre d'exploitants, tout en ayant une organisation de secours, se sont abstenus de faire connaître, sinon les statuts qui souvent n'existent pas, du

moins le règlement des caisses. Il est vrai que le questionnaire ne le demandait pas expressément.

Toutefois, les documents de ce genre, recueillis par les ingénieurs des mines et transmis au Ministre, sont au nombre de 52. J'en extrais un certain nombre de chiffres concernant les tarifs des secours, bien que le sujet ait déjà été abordé dans la seconde partie de ce rapport, mais sous une autre forme. On se rappellera que les indemnités allouées aux ouvriers tantôt sont proportionnelles à leur salaire habituel, et tantôt en sont indépendantes.

1° Salaire journalier en cas de maladie.

Parmi les chiffres les plus élevés, on peut citer les suivants :

Ouvriers mariés.	1f,75	(Carmaux.)
	1 ,60	(Liévin.)
	1 ,50	(Courrières, Lens, Bully-Grenay, Drocourt, Hardinghen, Prades.)
	1 ,25	(Bessèges, Banne, Faymoreau.)
Célibataires.	Ils sont traités sur le même pied que les hommes mariés à Carmaux, Liévin, Courrières, Lens, Hardinghen, Faymoreau, ; à Bully-Grenay, à Drocourt, ils ne touchent que 1f,20.	

Parmi les plus bas, on relève les salaires ci-dessous :

Ouvriers mariés.	0f,50	(Lens, Decazeville.)
	0 ,60	(Aubin, Meurchin, Ostricourt, Bourganeuf.)
	0 ,65	(Champagnac.)
	0 ,67	(Anzin.)
Célibataires.	0 ,33	(Anzin.)
	0 ,40	(Meurchin, Champagnac.)
	0 ,50	(Lens, Ostricourt, Azincourt, Ferfay, Grand'-Combe, Aubin, Decazeville, Ronchamp, etc.)

2° Salaire journalier en cas de blessure.

Le maximum peut atteindre les chiffres ci-après :

Ouvriers mariés.	2f,50	(Amputés.)	(Bully-Grenay, Drocourt.)
	2 ,25	(Autres blessures.)	
	2 ,00	(Anzin, Courrières, Liévin, Vendin, Ferfay, Ostricourt, Azincourt, l'Escarpelle, Hardinghen.)	
	1 ,90	(Lens.)	
Célibataires.	Le maximum est de 2 francs.		

Le minimum n'est pas inférieur à ceux-ci :

Ouvriers mariés.	0f,60	(Aubin, Trélys, Meurchin.)
	0 ,65	(Lens.)
	0 ,75	(Decazeville, Cessous et Comberedond
Célibataires.	0 ,40	(Meurchin.)
	0 ,50	(Aubin.)
	0 ,65	(Lens.)
	0 ,67	(Anzin.)

En cas de blessures graves, les secours peuvent être portés à 2f,50 (Bessèges) ou même doublés (Hardinghen).

3° Pension de retraite, par jour.

(Variable suivant l'âge et le nombre d'années de service.)

Exemples du maximum du tarif. (Ouvriers infirmes.)	1f,65	(Bessèges, Blanzy, Trélys.)
	1 ,20	(Aniche.)
	1 ,00	Caisse centrale de la Loire, Rive-de-Gier, Bully-Grenay, Drocourt, Carmaux, Brassac.)
Exemples du minimum du tarif. (Ouvriers âgés.)	0f,33	(Ferfay, Hardinghen, Bert, Faymoreau.)
	0 ,40	(Anzin et la plupart des mines du Nord et du Pas-de-Calais.)

4° Pension de veuve, par jour.

Exemples du maximum. (Veuve d'ouvrier tué.)	1f,07	(Liévin.)
	1 ,00	(Aniche, Nœux, la Chazotte, Trets.)
	0 ,87	(Bully-Grenay).
Exemples du minimum. (Veuve d'ouvrier retraité.)	0f,17	(Dans la plupart des mines du Nord et du Pas-de-Calais.)
	0 ,20	(Anzin.)

Les veuves qui ont des enfants bénéficient en outre, ordinairement, d'un secours journalier variant de 10 à 40 centimes (Nœux) par enfant âgé de moins de 12 ans ; elles reçoivent une dot dans le cas où elles se remarient, et cessent alors d'être secourues.

Les secours pécuniaires sont alloués aux blessés, à partir du jour de l'accident. Pour les ouvriers malades, il faut que le chômage ait, en général, une durée supérieure à trois ou quatre jours.

Quant aux pensions de retraite, elles sont accordées sans délais fixes, en cas de blessures graves ou d'infirmités contractées au travail. Dans les autres cas, la règle habituelle est que l'ouvrier doit avoir au moins 55 ans d'âge et 30 ans de service (Blanzy, Bessèges, Alais, caisse centrale de la Loire, Firminy). La limite d'âge est abaissée à 50 ans au Creusot où, comme on sait, les retraites sont assurées de la façon la plus complète par les versements que MM. Schneider et C[ie] font à la caisse de l'État, au nom de leurs ouvriers, lesquels deviennent possesseurs de livrets déposés à la caisse des consignations de Paris. Les versements sont faits en vue de rentes viagères soit à capital aliéné, soit à capital réservé, suivant le désir de chaque ouvrier.

J'ai déjà donné, dans la deuxième partie de ce rapport, des aperçus des principales dispositions réglementaires des différentes caisses ; et j'ai eu soin de reproduire textuellement les réflexions critiques que certaines d'entre elles suggéraient à bon droit aux ingénieurs. Étant donné la variété des statuts, il ne faut pas s'étonner de rencontrer dans quelques-uns d'entre eux des articles mal rédigés et même des conditions vicieuses. Un examen plus détaillé de ces documents sortirait complètement du cadre de ce rapport, dont l'objet principal est de faire connaître le fonctionnement des secours dans nos mines de houille, au point de vue statistique.

J'arrive donc aux résultats numériques de l'enquête ; ils sont groupés dans une série de tableaux, de façon à mettre en évidence l'importance de ces secours (y compris les pensions), celle du service médical organisé pour les mineurs, et le montant des charges correspondantes qui grèvent l'exploitation du charbon, par département.

TABLEAU **A**.

1° Mines pourvues de caisses de prévo…
et des subve…

DÉPARTEMENTS HOUILLERS.	Nombre des ouvriers participants.	Nombre de mines.	Nombre de caisses ouvrières de secours.	RECETTES des caisses ouvrières.				DÉPENSES des caisses ouvrières.			
				Retenues sur les salaires.	Versements proportionnels des exploitants.	Recettes accessoires. Intérêts des fonds, amendes, etc.	Total.	Secours et pensions.	Service médical.	Autres dépenses. Écoles, etc.	T…
				francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	[illegible]
Pas-de-Calais	15.015	15	14	523.805	223.171	45.890	792.866	429.746	194.658	129.228	[illegible]
Gard	8.506	9	4	343.211	236.430	74.385	654.026	389.890	66.719	87.696	[illegible]
Loire	6.733	12	5	242.284	166.628	45.318	454.230	352.451	37.088	35.342	[illegible]
Nord	5.714	4	4	186.791	67.102	5.250	259.143	172.316	57.350	13.550	[illegible]
Saône-et-Loire	5.363	4	2	174.146	170.019	23.814	367.979	164.311	69.539	88.877	[illegible]
Aveyron	3.225	7	3	83.869	44.969	651	129.489	95.984	17.441	14.305	[illegible]
Allier	404	2	2	10.338	9.187	1.085	20.610	13.239	7.443	1.201	[illegible]
Autres départements	4.006	20	16	88.516	79.146	17.136	185.098	96.127	42.875	66.545	[illegible]
Totaux et moyennes	48.966	73	50	1.652.960	996.952	213.529	2.863.441	1.714.064	493.113	436.744	[illegible]

Comme l'indiquent les chiffres du tableau ci-dessus, 50 compagnies, entre les mains desquelles sont 73 concessions en activité, ont organisé des caisses de secours auxquelles elles subviennent par des versements proportionnels à ceux des ouvriers.

Ceux-ci, au nombre de 49.000 environ, ont versé en 1882, sous forme de retenue sur leurs salaires, une somme de 1.652.960 francs, soit une cotisation de 33f,76 par ouvrier.

limentées par des retenues sur les salaires des ouvriers roportionnelles des exploitants.

DÉPENSES supportées par les exploitants seuls, en dehors des caisses ouvrières.		ENSEMBLE des dépenses des ouvriers et des exploitants		MOYENNE par ouvrier participant			NOMS DES PRINCIPALES MINES ou compagnies.
pour secours et pensions.	pour service médical.	pour secours et pensions.	pour service médical.	des retenues sur les salaires.	des secours et pensions.	des frais du service médical.	
francs	francs	francs	francs	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
43.569	1.500	473.315	196.158	34,88	31,53	13.06	Mines de Bully-Grenay (Société de Béthune); de Nœux (Société de Vicoigne); de Marles, de Liévin, de Dourges, de Carvin, de Meurchin.
»	42.983	389.890	109.702	40,34	45,83	12,89	Mines de la Grand'Combe; de Robiac et Meyrannes (compagnie de Bessèges); de Trélys et Palmesalade (compagnie d'Alais).
39.176	36.773	391.627	73.861	35,98	58,16	10,97	Sociétés des houillères de Saint-Étienne, des mines de la Loire; mine de Beaubrun, de Montaud, de Saint-Chamond.
»	»	172.316	57.350	32,69	30,16	10,04	Mine d'Aniche, de l'Escarpelle, de Vicoigne, d'Azincourt.
»	»	164.311	69.539	32,47	30,64	12,97	Mines de Blanzy et de Saint-Bérain (MM. Chagot et Cie).
15.335	12.393	111.319	29.834	26,02	34,59	9,27	Compagnie des houillères de l'Aveyron (mines de Decazeville); Campagnac, le Pouget.
»	»	13.239	7.443	25,59	32,77	18,42	Mine de Bert, des Plamores.
»	»	96.127	42.875	22,09	24,00	10,70	Mines de Ronchamp (Haute-Saône); mines des compagnies de la Mure (Isère) et de Brassac (Haute-Loire); mine de la Taupe (Haute-Loire); de Trets (Bouches-du-Rhône); de Sainte-Foy-l'Argentière (Rhône) de la compagnie des Alpes.
98.080	93.649	1.812.144	586.762	33,76	37,01	11,98	

Les exploitants, de leur côté, ont versé dans les 50 caisses ouvrières dont il s'agit tout près d'un million (996.952 francs). Leur part contributive a donc été un peu inférieure aux deux tiers de celle des ouvriers (60 p. 100).

Toutefois, comme quelques-uns d'entre eux ont pris à leur charge, en dehors du fonctionnement des caisses, soit les frais du service médical (pour 93.649 francs),

soit des pensions de retraites ou des secours supplémentaires (pour 98.080 francs), et ont ainsi dépensé 191.729 francs, il est juste d'ajouter cette dernière somme au montant des versements proportionnels, opérés par les exploitants. La part contributive de ces derniers ressort ainsi à 1.188.144 francs, ce qui donne environ 72 p. 100 du chiffre des retenues exercées sur les salaires des mineurs.

Les recettes des caisses ayant été de. . .	2.863.441f
et les dépenses correspondantes de.	2.643.921
l'exercice se solde par un reliquat de. . . .	219.520f

Le bilan aurait donc permis la distribution de secours un peu plus élevés ; mais l'importance des réserves s'explique par le désir de constituer des fonds en vue d'assurer des retraites, dans un certain nombre d'exploitations où les mineurs ne jouissent que de secours temporaires.

L'ensemble des dépenses des ouvriers et des exploitants, pour les 50 compagnies dont il s'agit, s'est élevé à 1.812.144 francs pour les secours et pensions, et à 586.762 francs pour le service médical, soit respectivement à 33f,76 et à 37f,01 par ouvrier participant.

Les caisses ont, en outre, fourni 436.744 francs pour d'autres frais accessoires, principalement pour les écoles qui sont souvent à leur charge aux termes des statuts. Ces frais, divisés par le nombre des mineurs participant aux caisses, donnent un chiffre de 8f,92 par tête, qui s'ajoute aux deux moyennes ci-dessus et porte à 57f,91 par ouvrier le total des dépenses qui figurent sur le tableau statistique A.

Si l'on compare le montant des versements des mineurs à la quotité des secours pécuniaires et pensions qui leur ont été distribués, on reconnaît que ces versements, à

eux seuls, en ont fait généralement les frais ; car la différence des moyennes inscrites dans les deux avant-dernières colonnes du tableau, savoir 33f,76 pour les retenues et 37f,01 pour la quotité des secours et des pensions, n'est, en définitive, que de 3f,25.

Il résulte de là que la charge des propriétaires des mines a consisté à assurer : 1° le service médical, beaucoup plus largement d'ailleurs que ne le prescrit le décret de 1813; 2° l'instruction des enfants, sans parler des frais d'administration.

En outre, dans beaucoup de départements, les exploitants distribuent gratuitement du charbon soit à tous les mineurs sans exception, soit aux malades, aux blessés et à leurs familles, concèdent aux ouvriers des logements à prix réduits, et les font participer à divers autres avantages difficiles à traduire exactement sous forme de chiffres et qui ont de l'importance.

La même observation s'applique aussi, en général, aux mines comprises dans les deux tableaux suivants.

TABLEAU **B.**

2° Mines pourvues de caisses de prévoyance sans subvention

DÉPARTEMENTS HOUILLERS.	Nombre des ouviers participants.	Nombre de mines.	Nombre de caisses ouvrières de secours.	RECETTES des caisses ouvrières.				DÉPENSES des caisses ouvrières.			
				Retenues sur les salaires.	Subventions des exploitants.	Recettes accessoires. — Intérêts des fonds, amendes, etc.	Total.	Secours et pensions.	Service médical.	Autres dépenses. — Écoles, etc.	Total.
				francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs	francs
Pas-de-Calais.	8.141	4	3	285.255	88.348	11.212	384.815	239.961	62.932	65.645	368.538
Loire	3.850	21	17	136.829	66.386	1.483	204.698	176.465	17.403	7.063	200.931
Gard	3.584	9	8	128.682	31.981	21.769	182.432	90.406	47.257	10.558	148.221
Allier.	2.941	8	6	67.060	32.793	3.682	103.535	71.037	33.792	17.685	122.514
Hérault.	2.252	6	2	76.970	6.250	5.921	89.141	80.147	28.428	»	108.575
Tarn	1.900	1	1	53.769	1.500	8.525	63.794	44.135	16.150	80	60.365
Bouches-du-Rhône . .	1.360	4	1	33.618	21.741	634	55.993	22.656	23.593	»	46.249
Creuse.	1.302	2	1	22.803	33.913	»	56.716	35.475	21.241	»	56.716
Puy-de-Dôme	1.273	4	3	37.208	5.690	1.193	44.091	25.561	21.772	4.411	51.744
Saône-et-Loire	1.106	3	2	28.536	47.294	1.173	77.003	17.100	14.354	»	31.454
Nord	880	2	2	9.085	420	98	9.603	9.735	420	975	11.130
Aveyron	858	7	4	29.224	853	6.000	36.077	8.298	7.721	14.314	30.333
Autres départements.	2.012	24	22	60.364	10.001	1.752	72.117	33.008	22.675	8.607	64.290
Totaux et moyennes.	31.459	95	72	969.403	347.170	63.442	1.380.015	853.984	317.738	129 338	1.301.060

Les caisses de cette catégorie sont plus nombreuses que les précédentes; en effet, il y en a 72, comprenant 95 houillères. Elles embrassent cependant notablement moins de participants (31 459).

...alimentées par des retenues sur les salaires des ouvriers, ...réglées des exploitants.

DÉPENSES supportées par les exploitants en dehors des caisses ouvrières		ENSEMBLE des dépenses des ouvriers et des exploitants		MOYENNE par ouvrier participant			NOMS DES PRINCIPALES MINES ou compagnies.
pour secours et pensions.	pour service médical.	pour secours et pensions.	pour service médical.	des retenues sur les salaires.	des secours et pensions.	des frais du service médical.	
francs	francs	francs	francs	fr. c.	fr. c.	fr. c.	
32.002	34.130	271.963	97.062	35,12	33,46	11,94	Lens, Courrières, Ferfay.
7.700	19.056	184.165	36.459	35,54	47,96	9,47	La Chazotte et la Calaminière, Montcel-Sorbiers, le Cros, Comberigol, Janon et Reveux, Plat-de-Gier, compagnie des Grandes-Flaches.
13.220	15.085	103.626	62.342	36,59	28,91	17,38	Portes et Sénéchas, Rochebelle et Cendras, Lalle, les Salles et Montalet, Comberedonde.
»	500	71.037	34.292	22,80	24.15	11,83	Bézenet, Doyet, les Ferrières, Saint-Hilaire, la Courolle, Buxière-la-Grue.
»	»	80.147	28.428	34,17	35,58	12,62	Graissessac.
»	»	44.135	16.150	28,29	23,23	8,50	Carmaux.
»	»	22.656	23.593	24,71	16,65	17,35	Société anonyme des charbonnages des Bouches-du-Rhône.
»	»	35.475	21.241	17,51	27,24	16,31	Ahun et Bosmoreau.
3.145	»	28.706	21.772	29,22	22,54	17,10	Saint-Éloi, Meisseix.
»	»	17.100	14.354	25,80	15,46	12,97	Épinac, les Moquets, la Chapelle-sous-Dun.
40.708	8.729	50.443	9.149	10,32	57,43	10,37	Douchy, Crespin-lez-Anzin.
9.000	»	17.298	7.721	34,91	20,00	8,89	Cransac, et Combes les Issards (régie d'Aubin), la Liquisse, Gages, Bertholène.
»	1.278	33.008	23.953	30,00	16,45	11,90	Faymoreau (Vendée), Banne (Ardèche), Saint-Laurs (Deux-Sèvres), Montrelais et Mouzeil (Loire-Inférieure), Champagnac (Cantal), Désert (Maine-et-Loire), Montigné (Mayenne).
105.775	78.778	959.759	396.516	30,81	30,51	11,97	

Leur fonctionnement est exactement le même, en général, si ce n'est que les exploitants ne s'engagent pas à contribuer aux caisses dans une proportion déterminée, et qu'en moyenne ils y versent effectivement une subven-

tion moins élevée, se bornant souvent à équilibrer les dépenses avec les recettes. En effet, les versements de ces derniers n'ont pas dépassé 347.170 francs, contre 969.403 francs de cotisations, de la part des ouvriers.

En ajoutant à la première somme les dépenses que les propriétaires de mines ont déclaré avoir prises à leur charge, en dehors des caisses ouvrières, tant pour secours que pour le service médical, on obtient pour la contribution des exploitants un total de 531.723 francs, représentant à peine 25 p. 100 des retenues opérées sur les salaires, au lieu de 72 p. 100, chiffre que faisait ressortir le calcul, établi dans les mêmes conditions, pour les mines dont il a été question précédemment.

Les recettes des caisses ont été de. . . .	1.380.015f
les dépenses correspondantes de.	1.301.060
le reliquat de l'exercice n'a pas dépassé. . .	78.955f

somme qui ne représente guère plus d'un millier de francs par caisse.

Les dépenses, soit des ouvriers, soit des patrons, se sont élevées à un total de 959.759 francs pour les secours et pensions, et à 396.516 francs pour le service médical, c'est-à-dire respectivement à 30f,51 et à 11f,97 par ouvrier.

La première de ces deux moyennes est notablement plus basse que pour les mines du tableau A. Les dépenses accessoires des caisses dont il s'agit ici, concernant notamment les écoles, atteignent 129.338 francs ou 4f,11 par ouvrier; ce dernier chiffre ajouté aux deux précédents donne un total de 46f,59 par tête.

Il y a encore lieu de remarquer que la moyenne des retenues sur les salaires, montant à 30f,81 par mineur, pour l'année, représente presque exactement la valeur des secours (30f,51).

TABLEAU C.

3° Mines pourvues de caisses de secours alimentées par les exploitants exclusivement.

DÉPARTEMENTS HOUILLERS.	NOMBRE des ouvriers parti-cipants.	NOMBRE de mines.	NOMBRE de caisses ouvrières de secours.	DÉPENSES SUPPORTÉES par les exploitants seuls			MOYENNE par participant		NOMS DES MINES ou compagnies.
				pour secours et pensions.	pour service médical.	Total.	des secours et pensions.	des frais du service médical.	
				francs	francs	francs	fr. c.	fr. c.	
Nord.	12.364	8	2	473.259	125.798	599.057	38,92	10,17	Compagnie d'Anzin, compagnie de Fresnes-Midi.
Loire.	6.955	11	6	364.278	72.073	436.351	52,38	10,36	Société anonyme des houillères de Rive-de-Gier; Roche-la-Molière et Firminy; la Béraudière, Montrambert (grande et petite Ricamarie); la Péronnière; le Mouillon.
Pas-de-Calais.	2.305	1	1	33.139	29.089	62.228	14,37	12,62	Mine de Bruay.
Allier.	2.209	2	2	62.041	27.568	89.609	28,08	12,47	Mines de Commentry et de Montvicq.
Saône-et-Loire. . . .	1.913	4	3	118.250	27.762	146.012	61,81	14,51	Mines du Creusot, de Montchanin et Longpendu (MM. Schneider et Cie); de Perrecy-les-Forges.
Nièvre.	1.345	1	1	72.239	21.054	93.293	53,70	15,65	Mine de Decize (MM. Schneider et Cie).
Autres départements.	1.721	10	9	23.284	7.034	30.318	13,53	4,08	Mines de Peypin-Saint-Savournin (Bouches-du-Rhône); de Bouquiès et de Bouillac (Aveyron); de la Bazouge et de l'Huisserie (Mayenne); de Sablé (Sarhte); de Soulanou et d'Aigaliers (Gard); de Mourière (Haute-Saône).
Totaux et moyennes.	28.812	37	24	1.146.490	310.378	1.456.868	39,79	10,77	

Près de 29.000 ouvriers, appartenant à 37 houillères, jouissent de secours réguliers, sans qu'ils aient à y contribuer par aucun versement.

Les compagnies d'exploitation, au nombre de 24, font seules les frais des secours temporaires, des pensions et du service médical, sans parler des écoles et des autres dépenses.

Le total de ces dépenses, pour 1882, s'élève à 1.456.868 francs.

La quotité des secours et des pensions distribués, dont le montant en forme près des quatre cinquièmes, ressort moyennement à 39f,79 par mineur.

En y ajoutant 10f,77 pour les frais du service médical, on arrive à une dépense moyenne de 50f,56 pour les deux articles, dépense supérieure à celle des caisses ouvrières qui ressort, d'après les tableaux A et B, à 48f,99 dans le cas de subventions proportionnelles des patrons, et à 42f,48 dans le cas de subventions non définies.

Cette supériorité tient, en grande partie, au chiffre des pensions de retraite, que la régie d'Anzin, la société Schneider et Cie (au Creusot, à Decize), la société de Firminy et des mines de Montrambert et de la Péronnière (par l'intermédiaire de la caisse centrale de la Loire) ont distribuées aux mineurs atteints par l'âge ou par les infirmités, pensions qui s'ajoutent aux secours ordinaires

TABLEAU D.

4° Résumé du fonctionnement des secours pécuniaires et du service médical, sur les mines de charbon, pour l'année 188[illegible]

DÉPARTEMENTS.	NOMBRE DE MINES EXPLOITÉS.	NOMBRE DE MINES AVANT des secours pécuniaires organisés.	[illegible] participant aux caisses de secours.		RETENUES sur les salaires des ouvriers.		DÉPENSES DES EXPLOITANTS pour secours, pensions et service médical exclusivement.					ENSEMBLE DES DÉPENSES des exploitants et des ouvriers pour			MOYENNE par ouvrier participant.		
			Moyennant retenue sur leurs salaires.	Sans retenue sur leurs salaires.	Montant.	Moyenne par ouvrier versant.	Versements proportionnels aux retenues sur les salaires.	Subventions aux caisses ouvrières.	Dépenses en dehors des caisses ouvrières.	Total.	Moyenne par ouvrier participant.	secours et pensions.	service médical.	Total.	Secours et pensions.	Service médical.	Total.
					francs.	fr. c.	francs.	francs.	francs.	francs.	fr. c.	francs.	francs.	francs.	fr. c.	fr. c.	fr. c.
Pas-de-Calais.....	20	20	23.156	2.305	809.060	34,93	223.171	88.348	173.429	484.918	19,05	778.417	322.309	1.100.726	30,57	12,66	43,23
Nord..........	14	14	6.594	12.364	195.876	29,70	67.102	420	648.494	716.016	37,77	696.018	192.297	888.315	36,72	10,14	46,86
Loire..........	47	44	10.583	6.955	379.113	35,82	166.628	66 386	539.056	772.070	44,02	940.070	182.393	1.122.463	53,60	10,40	64,00
Gard..........	27	20	12.090	102	471.893	39,03	236.430	31.981	72.187	340.598	27,92	494.415	172.044	666.459	40,55	14,11	54,66
Saône-et-Loire....	11	11	6.469	1.913	202.682	31,33	170.019	47.294	146.012	363.325	43,34	299.661	111.655	411.316	35,32	13,16	48,48
Allier.........	12	12	3.345	2.209	77.398	23,15	9.187	32.793	90.109	132.089	23,78	146.317	69.303	215.620	26,34	12,47	38,81
Aveyron........	23	16	4.083	230	113.093	27,69	44.969	853	42.424	88.246	20,47	133.006	38.862	171.868	30,84	9,01	39,85
Autres départements.	154	68	14.105	2.734	373.248	26,46	79.446	79.095	121.439	279.980	16,63	430.489	204.793	635,282	25,56	12,16	37,72
Totaux et moyennes.	308 (*)	205	80.425	28.812	2.622.363	32,61	996.952	347.170	1.833.150	3.177.272	29,10	3.918.393	1.293.656	5.212.049	35,87	11,84	47,71
			109.237														

(*) Le personnel des 103 mines, où des secours pécuniaires ne sont pas organisés, ne dépasse pas 1.070 ouvriers, soit 10 par mine. 54 de ces mines sont cantonnées dans les départements des Hautes-Alpes, de l'Isère et de la Savoie.

Le tableau D fait ressortir les points suivants, qui forment les conclusions numériques de l'enquête :

1° Des caisses de prévoyance sont organisées sur toutes les houillères du Pas-de-Calais, du Nord, de Saône-et-Loire, de l'Allier et sur toutes les exploitations importantes des autres départements.

On en trouve sur 205 mines ; et le nombre des ouvriers qui y participent atteint 109.237. (Les 103 mines qui n'en sont pas pourvues, n'emploient que 1.070 ouvriers.)

2° La plupart des caisses sont alimentées par les cotisations des ouvriers et des patrons : les ouvriers qui opèrent ainsi des versements sont au nombre de 80.425 ; 28.812 ouvriers, d'autre part, reçoivent des secours analogues, entièrement aux frais des exploitants.

3° Le total des retenues sur les salaires, pour l'exercice 1882, est de 2.622.363 francs, c'est-à-dire de 32f,6: par mineur, en moyenne. Nulle part, comme on l'a vu précédemment, la cotisation n'excède 3 p. 100 du salaire annuel. Celui-ci s'élève moyennement à 1.099 francs par ouvrier employé soit à l'intérieur, soit à l'extérieur des mines, ainsi qu'il résulte des chiffres consignés dans la « *Statistique de l'industrie minérale et des appareils à vapeur en France et en Algérie*, *pour l'année* 1882, » publiée par l'administration des mines. On calcule, d'après cette donnée, que les cotisations des 80.425 mineurs dont il s'agit représentent 2,9 p. 100 des salaires de ces ouvriers, formant un total de 88.387.075 francs.

4° Pour 50 caisses auxquelles 49.000 mineurs participent, les *versements des exploitants sont proportionnels aux cotisations des ouvriers*, dont ils forment 6[illegible] p. 100 en moyenne.

Les versements dont s'agit se sont élevés à 99.952 fr.

5° Les propriétaires des charbonnages ont dépensé en outre, pour les secours, les pensions et le service médical exclusivement, une somme de 2.180.320 francs,

dont 347.170 ont été versés aux caisses ouvrières, et le reste distribué directement aux mineurs.

Le total de leurs dépenses, cotisations comprises, limitées aux objets sus-indiqués, est de 3.177.272 francs; ce qui donne une moyenne de 29f,10, si on le divise par le nombre des ouvriers participant aux caisses, augmenté de celui des ouvriers des mines où les secours sont distribués aux frais exclusifs des patrons.

6° Si l'on rapproche le total de 3.177.272 francs de l'ensemble des cotisations des mineurs s'élevant à 2.622.363 francs, on reconnaît que la participation des exploitants aux dépenses considérées dépasse les cotisations ouvrières de 554.909 francs.

7° Les secours pécuniaires et les pensions alloués aux mineurs forment près de quatre millions, et les frais du service médical pour les malades et les blessés, ainsi que pour leurs familles, près de 1.300.000 francs; ensemble (en prenant les chiffres du tableau) 5.212.049 francs. La moyenne correspondante, par ouvrier participant, secouru ou non secouru, est de 47f,71, savoir : 35f,87 en argent et 11f,84 pour les honoraires des chirurgiens ou des médecins, les médicaments, garde-malades, etc.

On a vu d'ailleurs, par le commentaire des tableaux A et B, que les caisses ouvrières des deux catégories présentaient, au 31 décembre 1882, un reliquat respectif de 219.520 et de 78.455 francs, ensemble : 297.975 francs. Leur situation financière est donc favorable et l'on peut dire qu'elles sont administrées très prudemment.

Le nombre des personnes secourues, dont il n'a pas encore été question, est le suivant, d'après les déclarations recueillies :

Ouvriers secourus.	45.057
Parents d'ouvriers secourus	30.636

Ces chiffres excessivement élevés semblent ne devoir être accueillis qu'avec réserve, surtout le second, et je n'ai pas regardé comme utile, pour ce motif, d'en donner le détail par département. Tantôt, en effet, les exploitants ont indiqué le nombre des personnes ayant reçu des secours en argent, tantôt celui des personnes auxquelles ont été donnés des soins médicaux et des médicaments graduits ou simplement à prix réduit ; parfois tous les ouvriers d'une mine ont été déclarés comme secourus.

Pour trois départements importants, les chiffres fournis à cet égard paraissent établis d'une manière assez concordante. Ce sont les suivants :

	Ouvriers secourus.	Rapport au nombre des ouvriers participants.
Nord.	5.167	27 p. 100
Loire	6.145	35 —
Saône-et-Loire . .	2.293	27 —

On peut donc admettre, si l'on accepte les données ci-dessus, que le nombre moyen des mineurs secourus dans nos houillères est à peu près égal à 30 p. 100 de l'effectif des travailleurs, sans compter les ascendants, les veuves et les enfants.

Les moyennes des frais du service médical, inscrites au tableau D pour nos principaux départements houillers, diffèrent peu les unes des autres. On est autorisé à conclure de leur examen que les exploitants remplissent généralement bien leurs devoirs humanitaires envers leurs ouvriers blessés ou malades, sous le rapport des secours médicaux, et vont spontanément, dans cette voie, beaucoup au delà des exigences très modérées du décret de 1813.

Quant à la quotité moyenne des secours et pensions, elle éprouve d'assez grandes variations d'un département à l'autre. Bien que cet élément ait une grande

importance, on ne doit pas le considérer isolément, si l'on veut sainement apprécier la condition du mineur, au point de vue des institutions destinées à leur venir en aide.

Il ne faut pas oublier que, dans le Pas-de-Calais, toutes les compagnies distribuent du charbon aux mineurs et mettent des logements à leur disposition moyennant des loyers très bas, et que les ingénieurs de ce département ont évalué l'ensemble des dépenses humanitaires supportées par les exploitants à 106f,38 par ouvrier. En effet, des frais importants sont faits pour l'instruction primaire, pour les fournitures scolaires, les ouvroirs et parfois pour l'exercice du culte. Le Nord, Saône-et-Loire, le Gard sont aussi dignes de remarque sous ce rapport; et il en est de même dans d'autres départements, mais non pas partout d'une façon aussi générale. Ainsi dans la Loire, il existe peu ou point de cités ouvrières; et le charbon n'est accordé gratuitement, la plupart du temps, qu'aux malades et aux blessés.

Il résulte de cette observation que les chiffres des tableaux, en ce qui concerne les secours, sont des *minima*, puisqu'ils ne comprennent pas les dépenses dont je viens de parler. Il est vrai que celles-ci peuvent être plutôt considérées, au moins en bonne partie, comme des suppléments de salaires. Sans insister sur ce point, sur lequel l'enquête n'a porté qu'incidemment, je me contente de signaler cette complication dans l'étude de la condition des mineurs dans les différents bassins houillers.

Me voici parvenu au terme de ce Rapport, qu'il n'a pas dépendu de moi d'abréger, parce que tous les renseignements qu'il renferme ont leur valeur. Il m'eût été facile, au moyen des réponses des exploitants de mines, d'entrer dans de nombreux détails spéciaux; mais, autant qu'il m'a semblé, leur reproduction n'aurait pas projeté une lumière

plus vive sur la question de savoir s'il convient, ou non, de modifier l'organisation des caisses de prévoyance de nos charbonnages par des mesures législatives spéciales.

Comparaison avec la statistique des caisses de prévoyance pour les mineurs de la Belgique. — Pour se former une opinion à cet égard, il est bon de jeter les yeux hors de France et de voir, par exemple, si dans un pays voisin, qui a de grandes affinités avec le nôtre, la Belgique, le mineur est plus favorisé que chez nous. Les caisses de prévoyance des mines y revêtent deux formes : chacune des six provinces, de Mons, de Charleroi, du Centre, de Liège, de Namur, de Luxembourg, a une *caisse commune* destinée à assurer des secours pécuniaires d'une certaine durée et des pensions de retraite ; les mines ont, en outre, des *caisses particulières*, auxquelles est réservée la charge des secours les plus urgents en argent, en combustible, en objets divers, et celle du service médical.

Les comptes de ces caisses sont examinés tous les ans par une commission permanente, instituée conformément à la loi et présidée par l'administrateur inspecteur général des mines du royaume. D'après le dernier rapport de cette commission, publié en 1883 par le Ministre des travaux publics de Belgique pour l'examen des comptes de 1881, il y avait alors 103.910 ouvriers affiliés aux diverses caisses et appartenant pour la plupart aux charbonnages. Les caisses étaient alimentées comme l'indiquent les chiffres ci-dessous (non compris deux faibles subventions aux caisses communes, l'une de 44.315 francs allouée par l'État et l'autre de 9.500 allouée par les provinces) :

	Retenues sur les salaires.	Cotisations des exploitants.
Caisses communes . .	704.292f	743.874f
Caisses particulières. .	976.832	555.684
Totaux.	1.681.124f	1.299.558f

Comparées aux salaires qui montent à 94.457.977 fr., les retenues versées par les ouvriers dans les caisses sont de 1,8 p. 100. Quant aux cotisations des exploitants, elles sont un peu moindres et ne s'élèvent, pour les deux sortes de caisses réunies, qu'à 1,3 p. 100 des mêmes salaires.

Ces conditions ne sont pas sans analogie avec l'organisation d'un certain nombre de nos propres caisses; mais les versements sont moins élevés que chez nous.

Quant aux dépenses, leur total général (en laissant de côté les frais d'administration des caisses communes) est de 3.449.890 francs. Tel est le montant des pensions viagères ou temporaires, des secours de tout genre. Si on le rapporte au nombre des affiliés, on trouve une moyenne de 33f,20 par tête.

D'autre part, l'examen des comptes des caisses spéciales détaillés pour les années 1876 à 1880, montre que la moyenne des frais pour honoraires de médecins et médicaments, qui est comprise dans le chiffre précédent, ne dépasse pas 4f,92 par ouvrier, et s'élève à 6f,56 si l'on ajoute les secours alloués sous forme de combustible et d'habillements. Il reste donc seulement 33f,20 — 6f,56 = 26f,64 pour représenter les pensions et autres secours pécuniaires.

Ainsi, le fonctionnement des caisses de prévoyance des mines de la Belgique donne des résultats numériques fort inférieurs à ceux qui ressortent, pour la France, des tableaux précédents. Les secours sont là moins abondants, et cependant le mineur belge doit en avoir aussi besoin que le mineur français; car le salaire journalier, d'après

le même document, ne dépasse pas 3f,07 par jour, en 1881, et il était encore inférieur pendant les quatre années précédentes.

CONCLUSION.

Cette statistique montre que des institutions de prévoyance très variées fonctionnent sur nos houillères et que presque tous les mineurs sont appelés à en profiter. Leur organisation est due à l'initiative des exploitants eux-mêmes. Ceux-ci ont en effet le plus grand intérêt à secourir leurs ouvriers, afin de se les attacher et de faciliter leur recrutement, dans la mesure compatible avec l'obligation qu'ils éprouvent de procurer aux consommateurs du combustible à bon marché et de lutter contre l'invasion des charbons étrangers, d'une extraction moins dispendieuse, qui forment actuellement le tiers de notre consommation.

Les grandes compagnies, particulièrement, viennent puissamment en aide aux mineurs et à leurs familles dans les différentes circonstances de la vie.

Plusieurs d'entre elles ont ajouté aux caisses de secours ordinaires des caisses de retraite bien dotées et dont le fonctionnement présente de sérieuses garanties. Cependant *les pensions viagères ne sont pas assez répandues*, en dehors du cas d'accident, et il est à désirer que les versements pour la retraite se généralisent parmi les mineurs, sous une forme ou sous une autre.

Les ouvriers sont assurés, pour la plupart, de recevoir des secours pécuniaires, plus ou moins abondants suivant l'importance de leurs cotisations ou la libéralité des patrons.

Le service médical est généralement organisé d'une façon très complète et s'étend aux malades aussi bien qu'aux blessés.

Toutefois les caisses de prévoyance font défaut, ou bien n'ont pas de ressources suffisantes, dans les petites mines dont le personnel est très restreint. Les caisses communes présenteraient, pour ces exploitations, une réelle utilité; mais dans ce cas le recours aux compagnies d'assurances ou aux caisses de l'État résout également la difficulté, et constitue une solution digne d'examen.

Le retentissement de l'enquête à laquelle l'administration des mines vient de procéder, et la publicité que le Ministre jugerait à propos de donner à cette statistique, ne peuvent manquer de stimuler les exploitants et de provoquer une nouvelle extension des institutions actuelles ainsi que leur perfectionnement.

Pour terminer je donnerai, je le pense, une idée nette de l'importance des sommes qui sont consacrées aux secours pécuniaires et au service médical, en comparant leur montant pour l'exercice 1882 (5.232.000 francs) au nombre de tonnes (20.600.000) auquel s'est élevée la production houillère de la France pendant la même année.

Une simple division permet de constater que ce montant correspond à $0^{f},25$ par tonne de charbon.

D'autre part, l'impôt proportionnel, établi par la loi du 21 avril 1810 et correspondant à 5 p. 100 du revenu net des mines, a grevé chaque tonne de combustible de $0^{f},12$ environ. Ainsi les frais de secours dont il s'agit, sans parler des cités ouvrières, des écoles, des allocations gratuites de charbon, etc., équivalent, au moins, au double de l'impôt, et représentent par conséquent plus de 10 p. 100 du revenu net imposable.

Paris, le 25 janvier 1884.

NOTICE NÉCROLOGIQUE

SUR

M. BROSSARD DE CORBIGNY

INGÉNIEUR EN CHEF DES MINES

Par M. E. LORIEUX, ingénieur en chef des mines.

Une mort imprévue vient d'enlever au Corps des mines, dans la force de l'âge, un ingénieur qui, pendant vingt-cinq années, l'a dignement représenté dans les départements de l'Ouest. Nos relations communes avec l'Anjou m'ont permis d'apprécier le mérite distingué de notre regretté camarade, et je remplis une mission sympathique en rendant un dernier hommage à sa mémoire.

Maxime-Eugène Brossard de Corbigny est né à Orléans, le 29 mars 1837. Son père, conseiller à la Cour d'appel de cette ville, y a laissé les plus honorables souvenirs. Sa mère, qui vit encore, était fille d'un préfet du premier Empire. Elle a élevé cinq fils, un contre-amiral, un conservateur des forêts, un ingénieur des mines et deux capitaines de frégate. La noble femme, aujourd'hui si éprouvée, a le droit d'être fière !

Notre camarade entrait à 17 ans à l'École polytechnique ; il en avait 22 à peine quand il débutait dans le sous-arrondissement minéralogique d'Angers. Avec son activité naturelle et sa vive intelligence, il ne tardait pas

à se mettre au courant de toutes les questions relatives à l'exploitation des grandes ardoisières, des mines de houille profondes et irrégulières de Maine-et-Loire, de la Vendée et des Deux-Sèvres. Pour les mesures concernant la sécurité des ouvriers, il faisait preuve, vis-à-vis des exploitants, d'un tact judicieux et d'une réelle compétence.

Durant toute sa carrière d'ingénieur ordinaire, il a professé avec distinction un cours de chimie à l'école instituée par la ville d'Angers, pour préparer les jeunes gens à l'enseignement supérieur. Un auditoire nombreux et assidu se pressait pour entendre sa parole, toujours claire et facile.

Il fut décoré au mois d'août 1870, à la suite d'un sauvetage qu'il avait dirigé avec autant d'habileté que d'énergie. En 1873, les services du professeur étaient récompensés, à leur tour, par les palmes d'officier d'Académie.

Lors de la guerre, il appliqua son intelligente initiative aux travaux de la défense nationale, et contribua notamment à l'installation d'une capsulerie.

Nommé ingénieur en chef en 1879, il était depuis lors chargé du contrôle de la partie la plus importante des chemins de fer de l'État. Il y a maintes fois fait preuve, dans des circonstances délicates, d'un excellent jugement et de connaissances techniques approfondies.

En 1862, il était entré dans une des familles les plus honorables d'Angers, par son mariage avec la seconde fille d'un conseiller à la Cour d'appel, nièce, par sa mère, du premier président à la même Cour.

Dans la société, son esprit naturel et son instruction variée le faisaient rechercher pour l'attrait de sa conversation. Aimé, considéré, entouré d'une famille charmante, il semblait avoir devant lui un long et heureux avenir.

Le 22 septembre, il part avec sa femme et ses deux

jeunes filles, pour une excursion de quelques jours en Bretagne ; à la première étape, au milieu de la nuit, dans une chambre d'hôtel, il est pris d'un subit malaise ; au bout d'une heure, il avait cessé de vivre.

Son souvenir restera cher et honoré parmi nous. Sur sa tombe prématurément ouverte, en quelques paroles émues, devant une assistance sympathique, notre camarade Orsel, dont il avait été le collaborateur, s'est fait l'interprète de nos affectueux regrets.

11 octobre 1884.

MÉMOIRE

SUR

L'EXTRACTION DES MÉTAUX PRÉCIEUX

DANS LE HARTZ

Par M. M. LUUYT, ingénieur des mines.

AVERTISSEMENT.

L'emploi des procédés par voie humide appliqué sur une grande échelle à la métallurgie du cuivre et des métaux précieux, se généralise de plus en plus. En Angleterre, dans les usines de la compagnie Tharsis ; en Espagne, dans les établissements de Rio-Tinto ; en France et en Belgique, dans les ports de mer où se traitent les minerais étrangers, les méthodes nouvelles ont détrôné peu à peu les anciennes. Les progrès récents ont pénétré jusqu'au fond des montagnes du Hartz, et, là, sur cette terre classique des mines et de la métallurgie, qui jusqu'à ces derniers temps semblait vivre sur son antique réputation et s'être laissé distancer par les districts avoisinants, une nouvelle impulsion a été donnée récemment aux recherches scientifiques ; de nombreuses tentatives ont été faites pour améliorer les procédés de traitement, et plusieurs ont été couronnées de succès. On dirait qu'on a voulu transformer les usines en de vastes laboratoires, tant les appareils sont perfectionnés, les formules judi-

cieuses et les réactions délicates. Pendant un séjour que j'ai fait dans le Hartz, au mois de septembre 1882, j'ai été frappé de cette tendance ; et, comme elle se manifeste surtout dans les traitements par voie humide où l'on opère sur des matières d'un prix élevé, j'ai choisi, pour bien la mettre en lumière, l'extraction des métaux précieux.

J'ai complété mes observations personnelles, rendues faciles par l'accueil bienveillant que j'ai reçu, en puisant des renseignements dans les publications suivantes :

Wimmer et Bräunig : Traitement des minerais du Bas-Hartz (*Journal de Carnall*, 1877).
Schnabel : Récents progrès de la désargentation dans le Haut-Hartz (*Ibid.*, 1880).
Statistique de la production des usines allemandes (*Ibid.*, 1882)
Capacci : Mines et usines du Hartz (*Revue de Liège*, 1881).
Rösing : Extraction de l'or à Lautenthal (*Journal des sciences naturelles de Maja*, 1881).

I

GÉNÉRALITÉS.

Les minerais traités dans les usines du Hartz proviennent principalement du gîte du *Rammelsberg* et des filons du *Haut-Hartz.*

Ce sont, pour la plupart, des minerais plombo-cupro-argentifères. Le traitement métallurgique qu'on leur fait subir vise d'abord la séparation du plomb et du cuivre. Le premier de ces métaux est obtenu à l'état de plomb d'œuvre; le second se concentre dans des mattes de plus en plus riches. On introduit souvent dans ce traitement des minerais plombo-argentifères étrangers. L'argent se divise : une partie va avec le plomb, une partie avec le cuivre. J'aurai donc à examiner successivement la désargentation du plomb d'œuvre, et celle du cuivre noir obtenu par le travail de la matte concentrée. C'est seu-

lement de cette partie du travail que je parlerai avec détails, à cause des perfectionnements récents qu'on y a introduits. Je me contenterai d'énumérer sommairement les opérations qui précèdent la désargentation proprement dite; elles ont été déjà fréquemment décrites et sont beaucoup mieux connues.

Parmi les minerais du Rammelsberg, il en est une catégorie qui ne contient pas de plomb, et dont la richesse en cuivre est faible : ce sont des pyrites de fer un peu cuivreuses et argentifères, analogues à celles du midi de l'Espagne. Les minerais sont séparés de ceux qui contiennent du plomb et sont traités par voie humide pour cuivre de cément : ce cuivre fondu avec des mattes riches et avec du cuivre noir passe avec celui-ci à la désargentation. On a commencé à introduire aussi le procédé Claudet qui permet d'extraire l'argent avant la précipitation du cuivre de cément.

Dans toutes les opérations de désargentation, l'or reste avec l'argent, en sorte que l'argent brut obtenu est aurifère. Après l'affinage de l'argent brut, on fait la séparation des deux métaux précieux dans une opération spéciale qui termine le traitement.

Avant d'aborder l'étude de la désargentation proprement dite, je vais rappeler, comme je l'ai dit, la formule complète du traitement, et indiquer la répartition du travail dans les diverses usines du Hartz.

II

TRAITEMENT DES MINERAIS POUR MATIÈRES ARGENTIFÈRES.

Haut-Hartz.

Les trois grandes usines du Haut-Hartz appartiennent à l'État. Ce sont celles de :

Clausthal,
Altenau,
Lautenthal.

Usine de Clausthal. — Les minerais traités à *Clausthal* sont des minerais de plomb de composition complexe ; ils tiennent en moyenne 60 p. 100 de plomb, 0,3 p. 100 de cuivre, et du zinc en proportion très variable. La gangue est principalement quartzeuse. La teneur en argent varie de 500 à 3.000 grammes à la tonne. A cause de la richesse du plomb, le traitement consiste simplement en une fonte réductive avec de l'oxyde de fer, sans grillage préalable. Les scories ne renferment guère que du fer, et on peut les rejeter en grande partie. Le cuivre se concentre avec un peu de plomb dans une matte ; comme il n'a pas été oxydé, il reste toujours en combinaison avec le soufre, et le plomb d'œuvre n'en contient que des traces. Dans ces conditions, le plomb d'œuvre peut aller à la désargentation sans liquation préalable. La matte est passée plusieurs fois successivement au grillage en tas et à la fusion dans des fours à cuve avec les scories des opérations *suivantes*. On obtient du plomb d'œuvre, des scories un peu basiques, et une matte concentrée qui est soumise au rôtissage et donne du cuivre noir. Celui-ci est envoyé à *Altenau*, où on le traite pour cuivre et pour argent.

Le plomb d'œuvre de première fusion est trop pauvre pour être coupellé directement, et, comme il n'y a pas d'atelier d'enrichissement à *Clausthal*, on l'envoie à *Lautenthal* qui possède l'installation nécessaire. On ne coupelle à *Clausthal* que le plomb riche provenant du traitement des mattes : l'argent brut est aussi affiné à *Lautenthal*.

Usine d'Altenau. — L'usine d'*Altenau* traite les mine-

rais du *Haut-Hartz* coupés parfois de minerais étrangers, venant surtout d'Amérique. Elle fabrique en outre, avec des pyrites de fer cuivreuses non argentifères, du cuivre et de l'acide sulfurique, mais je ne m'occuperai que du traitement des minerais argentifères. Ce sont les mêmes qu'à *Clausthal*. Autrefois ils étaient grillés dans des réverbères, comme à *Freiberg* et soumis à la fusion réductive ; aujourd'hui le traitement est identique à celui de *Clausthal*. Le plomb d'œuvre, enrichi par le zinc s'il y a lieu, est coupellé : il donne du plomb marchand et de l'argent brut qui est affiné à *Lautenthal*. La matte cuivreuse argentifère est transformée par une alternance de grillages et de fusions en cuivre noir, qu'on désargente à *Altenau* même, ainsi que tout le cuivre noir produit dans le *Haut-Hartz*.

Usine de Lautenthal. — Les minerais traités à *Lautenthal* sont caractérisés par la présence de la blende en proportion notable. La formule du traitement est la même qu'à *Clausthal* et à *Altenau;* mais les lits de fusion doivent être modifiés ; il faut augmenter la quantité de fer, de manière à combattre l'épaississement des scories, dû à la présence du zinc. Le plomb d'œuvre produit à *Lautenthal*, et la plus grande partie de celui de *Clausthal* sont désargentés à l'usine qui possède à cet effet un très bel outillage.

Bas-Hartz.

Les principales usines du Bas-Hartz font partie de la « Unterharzer Communion ». L'État allemand et le royaume de Brunswick y sont intéressés, le premier pour 4/7, le second pour 3/7. Ces usines sont celles de :

Juliushütte, près *Astfeld*,
Sophienhütte, près *Langelsheim*,
Oker, près *Goslar*.

Toutes trois traitent exclusivement les minerais de Rammelsberg qui, après triage, se trouvent divisés en cinq catégories :

1° Minerais de plomb (avec blende et pyrite);

2° Minerais mélangés (tenant cuivre, fer, zinc, plomb);

3° Minerais de cuivre riches (pyrites de fer et de cuivre);

4° Minerais de cuivre ordinaires (pyrite de fer pauvre en cuivre);

5° Schistes avec veinules de pyrite cuivreuse.

La teneur en argent varie de 100 à 200 grammes, celle de l'or de $0^{gr},5$ à 1 gramme à la tonne.

On traite les minerais plombeux dans les usines de *Juliushütte* et de *Sophienhütte;* les quatre autres catégories à *Oker*.

Usines de Juliushütte et de Sophienhütte. — Voici un exemple de composition des minerais plombeux traités dans les usines de *Juliushütte* et *Sophienhütte.*

Galène	14
Blende	36
Pyrite de fer	24
Sulfate de baryte	16
Pyrite de cuivre	3,5
Gangue	8,5

Le traitement consiste en un grillage en tas, aussi complet que possible, suivi d'un lavage partiel pour l'extraction du sulfate de zinc, et d'une fusion réductive pour plomb d'œuvre. Le lit de fusion comprend :

Minerai grillé et en partie lessivé	100
Scories du traitement des minerais cuivreux d'Oker	40
Crasses et débris de four	1 à 2
Coke	30

On obtient 9 p. 100 de plomb d'œuvre et 2 p. 100 d'une

matte qu'on grille et qu'on concentre jusqu'à ce qu'elle tienne une proportion déterminée de cuivre. On l'envoie alors à l'usine d'*Oker*, où elle est transformée en cuivre noir. Le plomb d'œuvre va à la désargentation.

Usine d'Oker. — Les minerais de la seconde catégorie, dits minerais mélangés, sont grillés, puis fondus pour plomb d'œuvre et matte cuivreuse. Le plomb d'œuvre est coupellé : la matte cuivreuse est concentrée, puis fondue avec celles qui proviennent du traitement des minerais de la 3e catégorie (minerais de cuivre riches). Ceux-ci sont soumis à un grillage partiel, puis fondus avec ceux de la 5e classe (schistes avec veinules de pyrite cuivreuse) pour matte contenant déjà après la première opération 35 à 40 p. 100 de cuivre. On la concentre jusqu'à une richesse de 70 p. 100. Les minerais cuivreux ordinaires ou pauvres (4e classe) sont soumis au grillage pour acide sulfurique, puis au grillage chlorurant; la matière est lavée à l'eau acidulée, puis le cuivre est précipité de sa dissolution par de la ferraille. Le cuivre de cément est fondu avec la matte concentrée riche pour cuivre noir qu'on grenaille, en le coulant dans l'eau froide. On attaque ces grenailles par l'acide sulfurique. Le cuivre se dissout tandis que l'argent reste dans le résidu insoluble.

En résumé, voici la répartition du travail dans les diverses usines :

	Haut-Harz.	Bas-Hartz.
Travail du plomb d'œuvre riche.	Clausthal	Juliushütte
	Altenau	Sophienhütte
	Lauthental	Oker
Enrichisssement du plomb d'œuvre pauvre.	Altenau	»
	Lauthental	»
Travail des cuivres noirs argentifères.	Altenau	Oker
Séparation de l'or.	Lauthental	Oker

Le sujet sera donc divisé comme il suit :

Coupellation du plomb d'œuvre riche dans les usines du Haut-Hartz et du Bas-Hartz.

Enrichissement du plomb d'œuvre pauvre à Altenau et Lautenthal, et coupellation du plomb enrichi.

Désargentation du cuivre noir à Altenau et Oker.

Affinage de l'argent et extraction de l'or.

III

COUPELLATION DU PLOMB D'ŒUVRE RICHE.

Haut-Hartz.

Je prendrai pour type l'usine de Clausthal, car les fours d'Altenau sont les mêmes que ceux de Clausthal ; quant à ceux de Lautenthal, j'en réserve la description pour le moment où je parlerai de la coupellation du plomb enrichi.

Comme je l'ai dit plus haut, le plomb riche traité à Clausthal provient du traitement pour matte cuivreuse, et la quantité produite annuellement n'en est pas considérable. Il suffit de deux fours pour ce traitement.

Les fours sont du type allemand ordinaire : la sole est constituée par un lit de scories en menus fragments, d'une assise de briques placées de champ, et enfin d'une couche de marne calcaire.

On charge dans le four froid 10 tonnes de plomb d'œuvre en saumons, et, sur la grille, quelques fagots de bois. Au bout de deux heures, le métal est fondu complètement; les *abzugs* et les *abstrichs* se produisent pendant une période de quatre à six heures. On enlève les premiers à l'aide de ringards à palette recourbée, et on les repasse ultérieurement dans les lits de fusion de la matte, à cause de leur teneur en cuivre. On donne le vent à faible

pression, et on enlève les *abstrichs*, qui vont au lit de fusion du minerai ; puis on ajoute un peu de houille, on laisse monter la température et on creuse la voie des litharges : on règle enfin la pression du vent, de manière que l'oxydation dure de vingt à vingt-quatre heures.

Avec une charge de 10 tonnes de plomb d'œuvre, on obtient :

Abzugs	400 à 500k
Abstrichs.	300 à 400k
Litharges.	8 tonnes
Argent brut.	25 à 30k

Il faut compter aussi 1 tonne en moyenne de débris de sole plombifères.

On consomme :

Houille	1 tonne
Bois.	128 fagots
Marne pour la sole.	0T,800

L'argent brut est, comme je l'ai dit, affiné à Lautenthal.

Bas-Hartz.

Le plomb d'œuvre riche est coupellé dans des coupelles allemandes ordinaires, et l'opération elle-même ne présente rien de particulier. Seulement, en raison des impuretés qu'il contient, on lui fait subir une liquation préalable dans des chaudières en fer qui ont servi jadis au pattinsonage. Les impuretés contenues sont principalement des sulfures de cuivre et de plomb non oxydés pendant le grillage, de l'arsenic et de l'antimoine. Elles se séparent assez nettement pendant la liquation : on les enlève avec une écumoire et on les envoie à l'usine d'Oker, où on les traite comme minerai de plomb et de cuivre.

Cette opération fournit environ 85 p. 100 de plomb d'œuvre tenant 1.300 grammes d'argent à la tonne.

La coupellation faite sur 10 tonnes de plomb d'œuvre donne :

Litharges marchandes.	4 à 6T
Litharges à revivifier	1T,5 à 3T,5
Abstrichs.	200 à 500K
Débris de coupelle.	2T
Argent brut	13T

Les litharges marchandes se distinguent par leur grande cristallinité, tandis que les autres, d'apparence conglomérée, se vendent mal. On cherche, bien entendu, à produire la plus grande quantité possible des premières ; on y arrive en ne coupellant pas trop chaud, et en refroidissant brusquement la litharge, à mesure qu'elle s'écoule. Les *abstrichs* sont fondus dans des fours à cuve pour plomb antimonial. Les litharges conglomérées sont fondues, également pour plomb marchand, dans des fours à cuve ; ce sont des fours à 2 tuyères, chauffés au coke, soufflés à 2c de pression. On ajoute de temps à autre des scories basiques pour saturer la silice apportée par les cendres du combustible. En 24 heures, on passe 10 tonnes de litharge et 2 tonnes de coke.

IV

ENRICHISSEMENT DU PLOMB PAUVRE A LAUTENTHAL ET ALTENAU.

Généralités.

Le plomb d'œuvre obtenu, dans les usines du Haut-Harz, par la fusion de la galène argentifère avec le fondant ferreux, contient en moyenne 0,45 p. 100 d'antimoine, 0,003 p. 100 de fer, 0,285 p. 100 de cuivre et 0,15 p. 100 d'argent. Pendant bien longtemps il fut cou-

pellé directement. Mais, au commencement de ce siècle, on introduisit le procédé de *Pattinson*, qui, bien que réalisant déjà un progrès notable, fut rapidement détrôné par celui de *Parkes*, ou l'enrichissement par le zinc. C'est celui-ci qu'on emploie aujourd'hui à Lautenthal et à Altenau.

Le principe du traitement est le suivant : lorsqu'on introduit du zinc dans du plomb argentifère fondu, on obtient un alliage triple de zinc, plomb, argent, qui se sépare en écumes à la surface du bain métallique, et, d'autre part, du plomb ne contenant plus d'argent, mais rendu impur par son alliage avec le zinc en excès. Cette réaction, observée pour la première fois en 1842, resta longtemps sans application, à cause des pertes en argent et de la difficulté de séparer le zinc introduit soit dans le plomb pauvre, soit dans le plomb riche. Parkes avait proposé d'éliminer le zinc de l'alliage triple en le distillant dans des cornues de fonte. On avait ainsi l'avantage de récupérer une grande partie du zinc ; mais la méthode avait l'inconvénient, commun à tous les procédés de la métallurgie du zinc, d'entraîner une forte dépense de cornues et de combustibles.

Ailleurs, on fondait l'alliage triple avec des scories de puddlage dans des fours à cuve, à faible température et faible pression. Le zinc était scorifié et il restait du plomb argentifère. Ce procédé, connu sous le nom de procédé de *Flach*, est encore employé à Tarnowitz. On ne peut éviter, dans ce traitement, qu'une partie de l'argent ne passe aussi dans la scorie. Celle-ci ne doit donc pas être rejetée, mais il faut la traiter de nouveau, ce qui est difficile et coûteux, à cause de la présence du zinc. D'ailleurs, ce métal est entièrement perdu dans les scories, sauf la petite quantité qu'on retrouve dans les fumées de condensation.

Quant au traitement du plomb appauvri, les difficultés

sont aussi grandes. L'attaque par les acides sulfurique et chlorhydrique se fait lentement, à cause de la formation de produits insolubles, et, d'ailleurs, on obtient le zinc à l'état de chlorure ou de sulfate difficiles à utiliser. A Altenau, il y a quelques années, on transformait le zinc en chlorure par le moyen du sel de Stassfurt, puis on soumettait le plomb à une fusion oxydante dans des fours à réverbère. On a fait encore beaucoup d'autres tentatives pour tâcher de récupérer le zinc.

La solution indiquée par Cordurié paraît être la plus satisfaisante : elle consiste à éliminer le zinc du plomb appauvri, par l'injection, dans le bain métallique, de vapeur d'eau surchauffée. Le zinc décompose l'eau, se combine avec l'oxygène, et met l'hydrogène en liberté. L'oxyde de zinc formé monte à la surface du bain avec un peu de plomb, et il est facile de le retirer. On peut dans la même opération, au moyen d'un artifice spécial que j'indiquerai plus loin, éliminer complètement l'antimoine. En définitive, on obtient du plomb marchand d'une part, et de l'autre, un mélange d'oxydes de zinc et de plomb qui forme une couleur jaune, qu'on livre également au commerce.

Ainsi, pour le plomb désargenté, le problème est résolu. On a tenté d'appliquer la même solution à l'alliage triple, et voici les résultats qu'on a obtenus.

En injectant dans l'alliage triple en fusion de la vapeur d'eau surchauffée, on obtient : 1° du plomb métallique riche en argent; 2° une partie oxydée où se concentre le zinc, mais qui retient, à l'état de grenailles, du plomb argentifère. Il semble que la difficulté soit seulement reculée. En effet, l'élimination du zinc contenu dans cette partie oxydée, présente les inconvénients signalés plus haut, pour le traitement de l'alliage primitif lui-même, soit qu'on emploie les acides, les chlorures ou la distillation en cornues.

Le meilleur procédé pour extraire l'argent contenu dans cette partie oxydée paraît être de l'introduire dans le plomb riche fondu, pendant la coupellation. Pendant cette imbitition, les grenailles se séparent en grande partie de l'oxyde, se réunissent au bain métallique, tandis que le mélange des oxydes de zinc et de plomb reste en masse plus ou moins pâteuse à la surface. Mais le mélange obtenu renferme encore assez d'argent pour exiger un traitement spécial. A Altenau, on emploie la vieille méthode de la fusion dans des fours à cuve avec le minerai de plomb et les matières ferreuses : l'argent passe dans le plomb d'œuvre, et le cycle recommence; seulement, l'opération est assez difficile à conduire, à cause de la grande quantité de zinc. Je ne m'y arrêterai pas et, comme les opérations qui précèdent sont communes à Altenau et Lautenthal, je ne décrirai que cette dernière usine, en tâchant de mettre en lumière le procédé très remarquable, imaginé et réalisé par M. Schnabel, de Lautenthal. Ce procédé résout toutes les difficultés et donne même des résultats économiques satisfaisants, car il permet de régénérer la plus grande partie du zinc sous forme d'un produit commercial, et n'entraîne que des pertes insignifiantes en argent.

Voici en quoi il consiste : la partie oxydée est traitée par le carbonate d'ammoniaque qui dissout l'oxyde de zinc et laisse l'oxyde de plomb avec l'argent. On introduit l'oxyde de plomb dans le plomb d'œuvre pendant la coupellation; ou bien, on le réduit, et on le coupelle pour son compte. La dissolution ammoniacale de zinc est soumise à la distillation : on obtient de l'ammoniaque qui rentre dans le traitement et du carbonate basique de zinc qu'on livre au commerce comme couleur blanche (blanc de zinc).

L'ordre des opérations est le suivant :

1° Décomposition du plomb d'œuvre, par le moyen du

zinc, en plomb pauvre, et alliage triple de zinc, plomb, argent;

2° Affinage du plomb pauvre pour plomb marchand, par élimination du zinc et de l'antimoine au moyen de la vapeur d'eau (Procédé Cordurié);

3° Transformation de l'alliage triple en plomb riche et en une partie oxydée, au moyen de la vapeur d'eau;

4° Séparation de la partie oxydée en oxyde de zinc et en oxyde de plomb riche, par le carbonate d'ammoniaque (Procédé Schnabel);

5° Traitement des matières plombeuses riches;

6° J'examinerai sommairement les frais de traitement par ce procédé.

1. Décomposition du plomb d'œuvre par la moyen du zinc en plomb pauvre et alliage de zinc-plomb-argent.

Voici d'abord, d'après Hampe, la composition de quelques échantillons de plomb d'œuvre des usines du Haut-Hartz :

	Clausthal.	Lautenthal.	Altenau.
Plomb.	98,2944	98,9647	98,8378
Antimoine.	0,7203	0,5743	0,7685
Cuivre.	0,1862	0,2838	0,2399
Arsenic	0,0064	0,0074	0,0009
Bismuth.	0,0048	0,0082	0,0039
Argent.	0,1412	0,1421	0,1400
Fer.	0,0064	0,0089	0,0035
Zinc.	0,0028	0,0024	0,0025
Nickel	0,0023	0,0068	0,0028
Cobalt.	0,0001	0,0003	0,0002

Si l'on fond un tel plomb d'œuvre avec du zinc, l'argent, l'or, le cuivre, une partie du plomb et de l'antimoine s'unissent avec la majeure partie du zinc pour former un alliage dont le point de fusion est plus élevé

que celui du plomb. En laissant refroidir le bain métallique jusqu'au point de fusion du plomb, l'alliage vient nager en croûtes à la surface. Ces croûtes retiennent toujours des grenailles de plomb.

Le cobalt, le nickel, le fer, le bismuth, la plus grande partie de l'antimoine, et une partie du zinc restent avec le plomb.

Il est à remarquer que l'argent ne passe dans l'alliage qu'après le cuivre et l'or. On pourra donc, en faisant l'addition de zinc en deux fois extraire d'abord le cuivre contenu dans le plomb d'œuvre, puis l'argent, et on aura l'avantage de pouvoir employer de nouveau le zinc non saturé d'argent pour une nouvelle désargentation, sans avoir à craindre l'introduction de cuivre.

La quantité de zinc nécessaire à l'extraction de l'argent dans le Haut-Harz a été fixée, après de longs essais à dix fois le poids de l'argent. On arrête d'ailleurs la désargentation lorsque le plomb ne contient plus que 5 grammes d'argent à la tonne. L'extraction de ces dernières traces entraînerait une trop grande consommation de zinc, et ne serait pas rémunératrice.

Voici comment se pratique le procédé dont je viens d'exposer le principe.

Les appareils qui servent au traitement sont des chaudières en fonte, de $1^m,60$ de diamètre, reposant sur un anneau de fer (Pl. XII, *fig.* 1). Elles sont chauffées directement par la flamme d'un foyer placé au-dessous, et par un carneau *h* qui règne à la partie supérieure. Ces chaudières, au nombre de 12, sont disposées horizontalement sur une file dans un atelier qui était autrefois un atelier de pattinsonage. 1 chaudière sur 3 sert à recevoir et à fondre ultérieurement les écumes enlevées.

Le plomb d'œuvre est chargé dans ces chaudières par charge de 12 ,5. Après la fusion et l'enlèvement des premières crasses, on ajoute le zinc en trois fois. On

le jette en plaques à la surface du bain, dont on élève la température jusqu'à celle de fusion du zinc. On amène alors le zinc fondu en contact intime avec le plomb par un brassage énergique. Après une demi-heure d'agitation, on laisse refroidir lentement. Il se sépare à la surface du bain un alliage renfermant, outre le zinc et le plomb, la plus grande partie du cuivre, et un peu d'argent, on l'appelle ***Kupferschaum***. Après l'avoir enlevé, on élève de nouveau la température, on ajoute du zinc et on procède comme on vient de le faire déjà. L'alliage enlevé contenant seulement du plomb, du zinc et de l'argent, est appelé ***Zinkschaum***. On procède enfin à une troisième addition de zinc, et si, après l'enlèvement de l'alliage formé, la teneur en argent du bain est inférieure à 0,0006 p. 100, l'opération est terminée, et on procède au raffinage du plomb désargenté. Sinon, on ajoute une quatrième fois du zinc.

Le poids de la première addition de zinc est de 22 kilogrammes, et les écumes retirées ont 0,18 p. 100 d'argent. La seconde addition comprend 50 kilogrammes de zinc neuf et, en outre, les écumes provenant de la troisième étape de l'opération précédente, qui ne sont pas encore saturées d'argent. Enfin la troisième est de 80 kilogrammes.

La durée totale de l'opération est de 22 heures réparties ainsi :

	Heures.
Fusion du plomb	6
Première introduction du zinc	0 1/2
Refroidissement et enlèvement des écumes	2 1/2
Réchauffage du bain et seconde introduction	3
Brassage	0 1/2
Refroidissement et enlèvement des écumes	3
Réchauffage et troisième introduction	2
Brassage	0 1/2
Refroidissement et enlèvement du zinc	3 1/2
	21 1/2

2. Affinage du plomb pauvre pour plomb marchand par élimination du zinc et de l'antimoine au moyen de la vapeur d'eau.

L'affinage du plomb pauvre repose sur les réactions suivantes. Si dans un alliage de plomb et de zinc fondu on fait arriver de la vapeur d'eau surchauffée, à l'abri de l'air, le zinc est oxydé, et se sépare sous forme de poudre jaunâtre. Si on porte au rouge cerise un alliage de plomb et d'antimoine, au contact de l'air, il se forme de l'antimoniate de plomb qui monte à la surface en une masse fondue de couleur noirâtre.

Tant que dure l'oxydation de l'antimoine, celle du plomb est relativement faible, mais quand elle est terminée, la litharge se forme en abondance.

Le plomb à traiter contient à la fois du zinc et de l'antimoine. Dans le bain fondu, on fera donc arriver de la vapeur d'eau d'abord à l'abri de l'air. On obtiendra ainsi l'oxyde de zinc mélangé d'un peu d'oxyde de plomb, car il est impossible d'éviter complètement l'accès de l'air.

En permettant ensuite l'accès de l'air, on éliminera l'antimoine, à l'état de combinaison avec une proportion équivalente d'oxyde de plomb. On est averti de la fin de l'opération par la formation des litharges. Quant aux autres éléments de l'alliage, ils se comportent comme s'ils étaient seuls. Le nickel, le cobalt, le fer s'oxydent comme le zinc; le bismuth et le cuivre restent avec l'antimoine et le plomb.

Cette opération est liée étroitement à la précédente, elle a lieu dans la même chaudière en fonte, qui est munie, à cet effet, d'appareils destinés à produire et à surchauffer la vapeur d'eau. Ces appareils sont à l'arrière de la chaudière d'affinage. Un conduit C amène la vapeur du générateur dans un tuyau annulaire C′, chauffé par

le foyer F. La vapeur est surchauffée dans C′, puis se rend par D dans l'intérieur du bain métallique (Pl. XII, *fig.* 2). On adapte à D des tuyaux différents, suivant qu'on a un plomb riche ou pauvre à affiner : le premier est légèrement courbé, le second est droit.

J'ai dit que l'oxydation du zinc a lieu à l'abri du contact de l'air. On y arrive en recouvrant la chaudière d'un chapeau en tôle, cylindro-conique, terminé par un tuyau de dégagement où se déposent les oxydes entraînés. Il présente une échancrure pour laisser passer le tuyau d'amenée de la vapeur, une porte pour les prises d'essai, et un regard. Enfin, pour faciliter les manœuvres, il est suspendu par une chaîne à un palan. Lorsque l'extraction des écumes est terminée, on pousse la chaleur au rouge pendant un quart d'heure, puis on fait arriver la vapeur d'eau. Au bout de 2 heures, la teneur en zinc n'est plus que de 4 millionièmes. On enlève le couvercle, on décrasse les bords de la cuve avec un ringard et un ciseau, puis on écume l'oxyde de zinc à l'aide d'une cuiller percée de trous. On redonne alors de la vapeur d'eau ; l'antimoine s'oxyde en présence de l'air, se combine avec de l'oxyde de plomb en formant une masse noire qui monte à la surface. Ce produit, nommé *abstrich*, est de l'antimoniate de plomb, mélangé d'antimonite. Ici la vapeur d'eau ne joue pas un rôle chimique ; elle intervient seulement pour brasser énergiquement le bain en fusion. Après l'enlèvement des abstrichs, le plomb est purifié : on le laisse refroidir une heure et on le coule à l'aide d'une cuiller en fonte dans des lingotières également en fonte. La coulée du plomb dure 3 heures, et l'opération entière 12 heures. La composition du plomb marchand, telle qu'elle résulte des analyses faites au laboratoire royal de Clausthal, en 1879, est la suivante :

Bismuth	0,00858
Cuivre	0,00028
Antimoine	0,00497
Argent	0,00030
Cadmium	0,00082
Fer	0,00126
Nickel	0,00018
Zinc	0,00086
Plomb	99,98275
	100,00000

Avant l'introduction du procédé Cordurié, le plomb marchand était bien moins pur, comme le montrent les tableaux suivants :

Plomb provenant de la revivification des litharges.

	Lautenthal.	Clausthal.
Cuivre	0,070	0,0810
Antimoine	0,240	0,0230
Fer	0,005	0,0086
Zinc	0,015	0,0130
Argent	0,0075	0,0075

Plomb provenant du Pattinsonage.

	Altenau.	Lautenthal.	Clausthal.
Cuivre	0,020	0,0374	0,039
Antimoine	0,040	0,0016	0,004
Fer	0,0035	0,0044	0,004
Zinc	0,008	»	»
Argent	0,002	0,002	0,002

La désargentation par le zinc est donc celle qui fournit le plomb le plus pur.

Le mélange d'oxydes obtenu par l'élimination du zinc a la composition suivante :

Sb^2O^3	1,893
Fe^3O^4	0,986
ZnO	23,775
PbO	37,933
Pb	34,000
	98,587

On enlève par lavages la partie légère, sous forme d'un mélange tenant de 60 à 67 p. 100 d'oxyde de zinc et 30 à 40 p. 100 d'oxyde de plomb, qu'on vend comme couleur jaune, tandis que le résidu de plomb et oxyde de plomb est traité par fusion réductive dans des fours à cuve pour plomb de seconde qualité. Le four de fusion d'Altenau est de petite dimension: il a $1^{m},70$ de hauteur; la base est un trapèze dont la surface a $0^{mq},42$; il n'y a qu'une tuyère, et le creuset est extérieur.

L'antimoniate de plomb est soumis également à une fusion réductive dans des fours à cuve avec des produits riches en antimoine, provenant d'autres traitements, tels que *abstrichs* de coupellation, et avec des matières ferreuses. On obtient ainsi un alliage de plomb et d'antimoine qui est refondu dans des cuves métalliques et purifié de ses impuretés par la vapeur d'eau à basse température. En effet, les *abstrichs* de coupelle introduisent une certaine quantité d'arsenic qui rendrait le plomb très aigre. Lorsqu'on le fond dans une chaudière de désargentation au contact de l'air, l'arsenic s'oxyde le premier, et, en conduisant l'opération avec rapidité, une petite partie seulement de l'antimoine s'oxyde. On fait arriver de la vapeur d'eau ou bien on introduit dans le bain des fagots de bois vert. Le bouillonnement produit dans l'un et l'autre cas agite la masse et la met en contact sur une grande surface avec l'air. Quand l'antimoine commence à s'oxyder, on arrête l'opération: on coule en lingots l'alliage qui tient environ 85 de plomb et 15 d'antimoine; on le livre au commerce pour la fonte des caractères d'imprimerie.

3. Transformation de l'alliage triple en plomb riche et en une partie oxydée par la vapeur d'eau.

L'alliage triple de zinc-plomb-argent est relativement pauvre en argent, parce qu'il est mêlé à une proportion

notable de plomb; on cherche avant tout à se débarrasser de la plus grande partie de ce métal. On y arrive en utilisant une remarque déjà faite, c'est que le point de fusion du plomb est plus bas que celui de l'alliage. Si donc on chauffe l'alliage mélangé de plomb jusqu'à 335°, point de fusion du plomb, celui-ci se séparera par liquation, tandis que l'alliage restera à l'état solide et pourra facilement être enlevé. La quantité de plomb séparée est d'autant plus grande que la température est plus élevée. Mais, dans la pratique, il ne faut pas dépasser 335°, car au delà, l'oxydation du zinc serait notable, et l'oxyde de zinc formé, épaississant beaucoup l'alliage, rendrait impossible le traitement ultérieur à la vapeur d'eau. De plus, le plomb liquaté entraînerait de l'argent, et comme il serait trop pauvre pour être coupellé directement, il devrait repasser au traitement par le zinc. Enfin, il faut qu'après le passage de la vapeur d'eau et l'enlèvement des oxydes, l'alliage renferme une proportion de plomb assez grande pour que la teneur en cuivre de l'alliage ne nuise pas à la coupellation et pour qu'on puisse y introduire par imbibition les oxydes riches, pendant cette même opération.

La liquation est pratiquée de la manière suivante : L'alliage enlevé (*kupferschaum* et *zinkschaum*) est jeté dans une cuve en fonte semblable à celles qui servent à la désargentation; il y a une des premières entre chaque groupe de deux des dernières. La matière entre en fusion, le plomb coule et se rassemble au fond, tandis que les résidus flottent à la surface. On les appelle improprement *zinkstaub* et *kupferstaub*, c'est-à-dire poussière de zinc et de cuivre; elles n'ont nullement l'aspect poudreux, mais se présentent sous forme de masses conglomérées : il vaudrait mieux les appeler écumes riches (*reichschaum*). Voici la composition des *zinkstaub :*

	Altenau.	Lautenthal.
Plomb	75,675	77,82
Oxyde de plomb	4,750	4,00
Zinc	11,78	12,11
Oxyde de zinc	0,60	0,44
Cuivre	1,72	0,82
Argent	1,855	2,42
Oxyde de bismuth	1,22	0,37
— d'antimoine	0,63	0,98
Acide arsénieux	traces	»
Peroxyde de fer	1,87	1,04
Cobalt	traces	traces
Nickel	traces	traces

Ces écumes sont ensuite débarrassées de leur zinc par l'introduction de la vapeur d'eau surchauffée, à l'abri de l'air. Le principe de l'opération est le même que celui de la dézincification du plomb pauvre, et les réactions accessoires, telles que les oxydations partielles du plomb et de l'antimoine qui l'accompagnent, sont également les mêmes.

L'alliage est fondu par charge de 10 tonnes dans une cuve en fonte, toujours du même modèle, fermée par le couvercle en fer forgé. La fusion est assez lente à cause de la présence de l'oxyde de zinc. Après 8 heures de chauffe, la masse rouge est à demi-fondue; on introduit alors, par le fond, de la vapeur à 2 atmosphères, qui agit d'une façon rapide sur le zinc. Pour empêcher qu'il ne se produise des explosions, par suite de la concentration de l'hydrogène, comme cela est arrivé parfois, on injecte à la surface un courant de vapeur d'eau qui entraîne avec lui les gaz dans un tuyau montant pourvu d'une fermeture hydraulique. L'opération dure 1/4 d'heure. On reconnaît qu'elle est terminée lorsqu'on ne voit plus de flammèches s'échapper du plomb puisé dans la cuve. Quelques poussières sont entraînées : elles se déposent à la partie postérieure du tuyau abducteur où on peut les recueillir. En voici l'analyse :

Oxyde de zinc	95,60	76,88 de zinc
Zinc	0,12	
Oxyde de plomb	2,28	2,82 de plomb
Plomb	0,71	
Argent	0,03	
Cuivre	0,17	
Arsenic	traces	
Antimoine	0,17	
Peroxyde de fer	0,34	
Alumine	0,24	
Résidu insoluble	0,42	
	100,08	

On peut en conclure que cette poussière est principalement de l'oxyde de zinc, entraîné, en raison de sa légèreté, par la vapeur d'eau. La volatilisation de l'argent dans cette opération est très faible; d'ailleurs, comme cette poussière est récupérée, la perte est absolument nulle.

Enfin on obtient dans la cuve, comme résultat du traitement, une partie métallique et une partie oxydée, dont voici la composition :

Partie métallique.

	Altenau.	Lautenthal.
Plomb	96,3448	95,1404
Zinc	0,0027	0,0023
Cuivre	0,8279	0,4645
Argent	2,4100	3,6500
Bismuth	0,0142	0,0169
Antimoine	0,3914	0,7201
Fer	0,0054	0,0044
Nickel	0,0036	0,0014
	100,0000	100,0000

Partie oxydée.

	Altenau.		Lauthental.	
Plomb.	37,845	67,685 de Pb	30,065	64,295 de Pb
Oxyde de blomb . . .	32,14		36,87	
Zinc.	1,35	20,11 de Zn	1,90	20,57 de Zn
Oxyde de zinc	23,37		23,14	
Cuivre.	1,12		1,29	
Argent.	1,245		1,855	
Oxyde de bismuth . .	0,43		0,44	
— d'antimoine. .	1,06		0,57	
— arsénieux . . .	traces		»	
— de fer	1,44		3,82	
	100,00		100,00	

Les nombres inscrits dans ces tableaux donnent lieu aux observations suivantes : 1° Presque tout le zinc s'est concentré dans la partie oxydée; 2° les deux tiers de l'argent sont restés dans la partie métallique, tandis qu'un tiers a passé dans la partie oxydée ; 3° le plomb de la partie oxydée est moitié à l'état d'oxyde, moitié à l'état de grenailles métalliques mélangées; 4° le fer de l'alliage est décomposé par l'eau et passe dans la partie oxydée, ainsi que la plus grande partie du cuivre, tandis que le bismuth et l'antimoine restent en proportion notable dans l'alliage; 5° une partie de l'alliage non décomposée par l'eau reste dans la partie oxydée.

La partie métallique va à la coupellation, et la partie oxydée au traitement par voie humide.

4. Séparation de la partie oxydée en oxyde de plomb et oxyde de zinc par le carbonate d'ammoniaque.

C'est ici que commencent les réactions nouvelles et intéressantes, auxquelles l'auteur du procédé a été conduit à la suite d'un grand nombre d'expériences.

Le but principal du traitement étant l'élimination du

zinc, et la voie sèche entraînant beaucoup d'inconvénients, dont j'ai signalé plus haut les principaux, il fallait trouver un liquide qui attaquât le zinc sans dissoudre en même temps le plomb et l'argent. Comme d'ailleurs les liquides acides n'ont pas réalisé les espérances qu'on attendait de leur emploi, on a eu l'idée de recourir aux dissolvants alcalins, et parmi ceux-ci, à l'ammoniaque. Mais l'ammoniaque pure n'a pas grande affinité pour l'oxyde de zinc : une dissolution concentrée d'ammoniaque n'en dissout qu'une quantité égale à la moitié du poids de l'ammoniaque contenue. En faisant agir de l'ammoniaque à divers degrés de concentration sur des poids égaux d'oxyde de zinc, pendant le même temps, puis évaporant, et pesant le résidu, on a trouvé que la solubilité était encore plus faible dans une liqueur étendue. Alors on a cherché à utiliser les divers carbonates d'ammoniaque, et on trouva que le carbonate basique $AzH^4O.HO.CO^2$ est celui qui dissout la plus grande quantité de zinc. Mais, lorsqu'on évapore le carbonate d'ammoniaque pour isoler l'oxyde de zinc, celui-ci retient une notable proportion d'acide carbonique, qui est par suite enlevée à l'ammoniaque. La teneur en acide carbonique diminuant dans l'ammoniaque, la solubilité de l'oxyde de zinc se trouve altérée. Il fallait donc s'arranger pour récupérer l'acide carbonique retenu par le sous-carbonate de zinc, et déterminer dans la liqueur la proportion de AzH^3 et de CO^2, pour laquelle le pouvoir dissolvant est maximum. L'expérience a donné les résultats suivants.

La présence de l'acide carbonique augmente notablement la solubilité de l'oxyde de zinc, et le maximum a lieu quand la liqueur renferme en poids 6 d'ammoniaque et 8 d'acide carbonique. Dans ce cas une partie en poids d'ammoniaque dissout 1,5 d'oxyde de zinc. Si on augmente la température, la solubilité augmente,

mais elle atteint bientôt un maximum, par suite de la volatilisation du carbonate d'ammoniaque. La température la plus favorable est 30°. L'état du zinc, dans la dissolution, est celui de carbonate double de zinc et d'ammoniaque, dissous dans le carbonate d'ammoniaque ; on peut obtenir cette combinaison en tables blanches et transparentes par une évaporation lente. Quant au temps pendant lequel s'opère la dissolution, on en a fixé la durée à 24 heures : au delà, l'augmentation de matière dissoute est insignifiante.

La question de la récupération de l'acide carbonique était englobée dans une question beaucoup plus vaste : celle de la régénération du dissolvant. On a fait pour cela une série d'essais.

Lorsqu'on chauffe la solution ammoniacale dans une cornue, la décomposition commence entre 50° et 60° ; l'ammoniaque et l'acide carbonique se dégagent, et, se recombinant partiellement, vont se condenser dans le col sous forme de carbonate d'ammoniaque. Ce sel est repris par la vapeur d'eau et finalement se retrouve dans l'eau de condensation. En même temps, la liqueur se trouble et laisse déposer à la longue une poussière blanche qui augmente à mesure que l'ammoniaque se dégage. Cette poudre retient, comme je l'ai dit, de l'acide carbonique et a une composition répondant à la formule



$$3ZnO.CO^2 + 3HO.$$

Cette composition n'est pas absolument constante, et suivant la teneur variable en AzH^3 et en CO^2, on peut regarder la poudre comme un mélange de carbonate et d'hydrate d'oxyde de zinc. Lorsque la proportion d'acide carbonique diminue dans la liqueur, on n'a plus, par la distillation, que de l'hydrate. La conclusion de ces expériences est qu'il faut introduire une nouvelle quantité d'acide carbonique dans la liqueur appauvrie pour lui con-

server son pouvoir dissolvant. C'est ce qu'on savait déjà.

Le résidu contient aussi de l'oxyde de cuivre qui est soluble dans l'ammoniaque ; mais, tandis que l'ammoniaque caustique n'en dissout qu'une quantité insignifiante, le carbonate en dissout 15 p. 100 de son poids, de sorte qu'une partie de l'ammoniaque contenue dissout 1/2 partie d'oxyde de cuivre. Si on distille la solution, on a un carbonate basique de cuivre en poudre vert clair, ayant la formule



$$CuO.CO^2 + CuO.HO,$$

qu'on peut décomposer en oxyde noir anhydre, en le chauffant à feu nu ou en vase clos. Mais si on le chauffe à la vapeur d'eau, et qu'on fasse dégager les gaz mis en liberté, la poudre ne se décompose pas. Ce cas ne se présente pas, puisqu'on distille la liqueur dans des cornues.

Après avoir essayé l'application de cette méthode au laboratoire de Lautenthal dans des vases de verre, on a opéré dans des vases de plomb, puis dans des récipients en fer forgé. Mais, en grand, on ne pourrait employer ni le verre, ni le plomb, et il fallait de plus éviter le contact direct des flammes avec le vaisseau contenant le liquide pour empêcher le carbonate de zinc d'adhérer aux surfaces léchées par le feu ; on essaya donc la distillation à la vapeur d'eau.

Lorsqu'on introduit dans la dissolution ammoniacale de la vapeur surchauffée, celle-ci se condense en abandonnant sa chaleur latente et sa chaleur sensible, jusqu'au point d'ébullition de la liqueur ; alors, si on continue à la faire arriver, elle entretient l'ébullition, brasse énergiquement le liquide, et entraîne avec elle les gaz mis en liberté, tandis que le zinc se précipite à l'état de carbonate. La distillation de l'ammoniaque et de l'acide carbonique est cinq fois plus rapide par ce procédé que

par le chauffage direct. Dans la pratique, on peut employer de la vapeur à 5 atmosphères. Si on conduit les vapeurs dégagées dans un espace maintenu à la température de 60 ou 70°, l'eau des gaz dégagés s'y condense, tandis que l'ammoniaque et l'acide carbonique restent à l'état gazeux, et peuvent aller se dissoudre plus loin dans une quantité limitée d'eau froide ; on peut donc avoir ainsi une solution contenant l'ammoniaque et tout l'acide carbonique, sauf celui qui est retenu par l'oxyde de zinc ; cette liqueur, après restitution de l'acide carbonique manquant, sera en état de recommencer le cycle des opérations. On verra plus loin comment s'opère cette restitution. Mais il faut encore intercaler une opération ayant pour but d'éliminer l'oxyde de cuivre, dont la présence donne à l'oxyde de zinc une couleur verte qui le déprécie. On y arrive en précipitant le cuivre de sa dissolution ammoniacale par le zinc qui s'y dissout en proportion équivalente. Si la dissolution alcaline n'est pas saturée de zinc, une partie du zinc métallique se dissout également, en dégageant de l'hydrogène. Pour éviter cet inconvénient, on ajoute avant la précipitation un peu de carbonate basique de zinc, qui se dissout avant le zinc métallique. Lorsque la couleur bleue a disparu, la précipitation du cuivre est terminée ; on le reconnaît aussi plus exactement par le sulfhydrate d'ammoniaque ; s'il y a une trace de cuivre, le précipité de sulfure de zinc a une légère teinte brunâtre.

La transformation du carbonate de zinc en oxyde de zinc, se fait par une calcination à une température déterminée, qui chasse l'eau et l'acide carbonique. Tous les oxydes de zinc calcinés ont une teinte jaune, grise ou verte, d'autant plus accusée que l'oxyde a été calciné plus fort. Celui-là même qui provient de la combustion du zinc pur et qui est blanc, devient jaune quand on le calcine. Pour l'obtenir blanc, il faut donc décomposer le

carbonate à une température aussi basse que possible.

Ainsi le procédé d'extraction du zinc présente les avantages suivants : 1° le dissolvant du zinc est constamment régénéré, de sorte qu'on peut, avec une quantité limitée d'ammoniaque, traiter des quantités indéfinies d'oxyde de zinc riche, pourvu qu'on remplace l'acide carbonique ; 2° le plomb et l'argent ne sont nullement altérés dans le résidu insoluble de la partie oxydée, de sorte que les pertes en métaux sont nulles ; 3° enfin le zinc est retiré sous forme d'un produit marchand, dont la valeur commerciale est égale à celle du zinc.

Je vais maintenant examiner rapidement les diverses étapes de ce procédé qui sont au nombre de six :

A. Digestion de la partie oxydée dans l'ammoniaque ;

B. Séparation et lavage des oxydes insolubles ;

C. Précipitation du cuivre par le zinc ;

D. Distillation de la solution ammoniacale de zinc, donnant du carbonate basique de zinc, et régénérant le carbonate d'ammoniaque ;

E. Restitution de l'acide carbonique retenu par l'oxyde de zinc ;

F. Calcination du carbonate basique de zinc.

A. *Digestion de la partie oxydée dans l'ammoniaque.*

Les chaudières qui servent à la dissolution sont cylindriques, horizontales, en fer forgé, munies d'orifices pour le chargement et l'enlèvement de l'oxyde, pour l'introduction et l'écoulement de la dissolution ammoniacale, pour l'arrivée de l'acide carbonique, pour les prises d'essai, etc. Elles sont en outre pourvues d'agitateurs mus par des machines, et tenant les oxydes en agitation perpétuelle. Les chaudières sont complètement fermées pour éviter les pertes d'ammoniaque, et, de fait, l'odorat n'en perçoit pas la moindre trace.

Ces chaudières peuvent tenir de 1000 à 1200 kil. de matière oxydée, et l'ammoniaque nécessaire pour dissoudre l'oxyde de zinc correspondant. On introduit cette charge dans la dissolution chaude de carbonate d'ammoniaque, extraite du condensateur où elle a été régénérée, et on met les agitateurs en mouvement. Au bout de 12 heures la dissolution est terminée ; on s'en assure en faisant une prise d'essai sur le résidu indissous, et le soumettant à la fusion : suivant qu'il contient plus ou moins d'oxyde de zinc, il est plus ou moins pâteux. Bien qu'une partie du cuivre soit dissoute, comme le prouve la couleur bleue du liquide, il en reste une partie dans le résidu, car l'oxyde de cuivre se dissout beaucoup plus lentement que l'oxyde de zinc. Enfin le résidu retient un peu d'acide carbonique, et des grenailles de plomb.

B. *Séparation et lavage des oxydes insolubles.*

Au premier abord, la séparation de la liqueur et du résidu insoluble présente les plus grandes difficultés, il semble qu'on ne puisse séparer et laver les grenailles de plomb et la fine poussière d'oxyde, sans perdre de l'ammoniaque par volatilisation ou sans étendre la liqueur par le lavage à l'eau pure des résidus. Cependant, on atteint ce double but par une filtration avec lavage, sous pression et à l'abri de l'air, et par le traitement final des oxydes lavés à la vapeur d'eau. On emploie pour cela des filtres-presses dont la construction rend impossible les pertes d'ammoniaque. Lorsqu'on met en mouvement les agitateurs, le plomb et une partie de l'oxyde de plomb se déposent, l'autre partie reste en suspension ; on fait monter le liquide dans un tuyau, et on l'envoie par la pression de la vapeur d'eau dans les filtres-presses. Les corps solides, c'est-à-dire l'oxyde de plomb et un peu de plomb métallique en particules fines, sont retenus sur les

toiles du filtre, tandis que la solution claire passe au travers et peut être envoyée de là, soit dans les cuves de précipitation, soit dans le condensateur de distillation.

On fait alors arriver de l'eau dans la chaudière où s'est faite la dissolution, et on agite quelques instants : l'eau entraînant encore un peu d'oxyde de plomb en suspension est envoyée aux filtres-presses ; on recommence plusieurs fois de suite le lavage du résidu de la même manière ; on arrive ainsi à en retirer toute l'ammoniaque. Les premières eaux de lavage sont envoyées à la cuve de précipitation ; les suivantes, dans les condensateurs, où elles doivent se saturer de carbonate d'ammonique pendant la distillation. A la fin du lavage qui demande quelques heures, on a, dans la chaudière de dissolution, de la grenaille de plomb et de l'oxyde de plomb ; dans le filtre, les mêmes matières, mais à un plus grand état de division.

Pour enlever au résidu les dernières parties d'ammoniaque, on l'expose à la vapeur d'eau à haute pression. Celle-ci entraîne l'ammoniaque dans le vase à distillation, où elle échauffe la solution ammoniacale, et la porte à l'ébullition. L'opération du lavage dure 5 à 6 heures, on retire les oxydes parfaitement secs. Le résidu insoluble est un mélange de plomb et d'oxyde de plomb, tenant en moyenne 2 1/2 p. 100 d'argent, qu'on introduit dans la coupellation.

C. *Précipitation du cuivre par le zinc.*

Le cuivre se précipite beaucoup mieux des solutions concentrées de carbonate d'ammoniaque, que des solutions étendues. C'est pourquoi on n'envoie pas dans les cuves de précipitation les dernières eaux de lavage. La cuve de précipitation est un cylindre horizontal de fer forgé, pourvu d'un agitateur dont les bras projettent le

liquide sur le zinc et enlèvent ainsi le cuivre précipité à la surface. Le zinc est jeté en plaques, de manière à offrir au liquide une vaste surface de contact. Pendant le traitement, le cylindre est clos de manière à éviter les pertes en ammoniaque. Il se dégage de l'hydrogène en quantité assez grande pour qu'il faille prendre quelques précautions, afin d'éviter les explosions. J'ai dit comment on pouvait ralentir ce dégagement par l'addition d'un peu de carbonate basique de zinc. La précipitation est terminée en 6 heures. On retire le cuivre précipité tous les mois ; on le lave, puis on le traite à la vapeur d'eau qui enlève les dernières traces d'ammoniaque. L'eau de lavage cuivreuse repasse à la cuve de précipitation. La vapeur d'eau est dirigée dans le vase à distillation, et de là dans le condensateur, de sorte qu'on ne perd pas d'ammoniaque.

La dissolution ammoniacale, débarrassée du cuivre, se rend dans le vase à distillation dans lequel a lieu la séparation du carbonate d'ammoniaque et de l'oxyde de zinc.

D. ***Distillation de la solution ammoniacale de zinc donnant du carbonate basique de zinc et régénérant le carbonate d'ammoniaque.***

Les appareils essentiels sont le distillateur, le déphlegmateur, les condensateurs, les flacons de Woolf et le générateur à vapeur.

Le distillateur a la forme d'un cylindre vertical, terminé en bas par un cône : il doit recevoir la liqueur ammoniacale provenant de la cuve à précipitation, et en outre la totalité de l'eau de condensation de la vapeur d'eau employée pour la distillation. Le cylindre est pourvu des orifices nécessaires pour l'introduction de la dissolution ammoniacale et de la vapeur d'eau, pour la sortie

des gaz, du liquide qui reste après la distillation et du résidu solide de carbonate basique ; pour l'accès et le dégagement de l'air ; pour les prises d'essai. Il est également muni d'un agitateur, et d'une soupape de sûreté.

Le tuyau abducteur des gaz débouche dans le déphlegmateur, cylindre horizontal en fer forgé, où l'ammoniaque et l'acide carbonique se séparent de la vapeur d'eau. Ce cylindre est plongé dans une cuve pleine d'eau dont la température est maintenue entre 60 et 70°. Il est en communication par un tube avec le premier condensateur où se rendent les gaz non condensés dans le déphlegmateur.

Les condensateurs, au nombre de deux, sont en fer forgé, et réunis de manière que les gaz qui ont échappé à la condensation dans l'un aillent dans l'autre : ils sont pourvus d'un serpentin intérieur à circulation d'eau froide.

L'eau est envoyée par une pompe à vapeur dans un réservoir surmontant le condensateur, et de là dans le serpentin. Le second condensateur est réuni à un système de 3 flacons de Woolf, dans lesquels restent les dernières traces d'ammoniaque. S'il en échappe du dernier flacon, on la retient par de l'acide sulfurique, où viennent barboter les gaz avant leur sortie définitive.

La tension de la vapeur employée est 5 atmosphères. Elle arrive par un tuyau à la partie inférieure du cône qui termine en bas le distillateur. D'abord elle se condense avec un bruit violent, et elle augmente le volume du liquide, mais bientôt celui-ci entre en ébullition ; l'acide carbonique et l'ammoniaque forment des écumes abondantes et se dégagent, ainsi que la vapeur d'eau : le tout se rend dans le déphlegmateur et le condensateur, l'eau se condense en majeure partie dans le premier, tandis que l'ammoniaque et l'acide carbonique se dissolvent dans l'eau du second. En maintenant le déphlegma-

teur à 60 où 70°, on obtient dans le condensateur une solution ammoniacale assez concentrée pour dissoudre une nouvelle charge d'oxydes.

A mesure que l'ammoniaque et l'acide carbonique s'en vont, le carbonate basique de zinc se sépare. Il tombe dans le fond conique du distillateur, où, grâce à l'arrivée de la vapeur d'eau, il est constamment maintenu en suspension. Dès que les gaz dégagés n'ont plus l'odeur d'ammoniaque, la distillation est terminée. Au bout de 20 heures, il n'en reste que 0,003 p. 100.

Pour extraire le liquide avec le carbonate qu'il tient en suspension, on ouvre le robinet d'un tuyau qui aboutit au fond du distillateur : la pression de la vapeur d'eau expulse le liquide avec le carbonate par ce tuyau. Le liquide tombe dans une auge pourvue de filtres, où se fait la séparation du liquide et du solide. Le carbonate de zinc est retenu, tandis que le liquide se rend dans le bassin d'alimentation des chaudières. La faible teneur en ammoniaque de cette eau (0,003 à 0,005 p. 100) n'a pas d'inconvénient pour les chaudières, et par là, cette quantité de réactif, si faible qu'elle soit, rentre dans la circulation,

Le carbonate basique est une poudre grenue d'un blanc de neige, qui retient encore des traces d'oxyde de fer, mais en proportion négligeable. Le distillateur est protégé à l'intérieur par une croûte blanche de carbonate d'ammoniaque, qui empêche le contact de la dissolution ammoniacale avec le fer.

E. *Restitution de l'acide carbonique retenu par l'oxyde de zinc.*

J'ai dit qu'une partie de l'acide carbonique était restée avec l'oxyde de zinc; l'oxyde de plomb en retient aussi un peu. Théoriquement, pour le remplacer, on devrait

songer à recueillir celui qui provient de la décomposition par la chaleur du carbonate basique, mais le travail de calcination ne permet pas de recueillir facilement les gaz dégagés. Autrefois, on faisait arriver dans la chaudière de dissolution de l'acide fabriqué par l'action de l'acide chlorhydrique sur du carbonate de chaux; mais alors le gaz ainsi produit était cher. On a cherché à produire l'acide carbonique par la calcination du calcaire dans un four à chaux. Le gaz produit est aspiré au moyen d'une pompe, et envoyé dans le condensateur pendant la distillation. Le gaz qui arrive dans la solution ammoniacale tient de 20 à 25 p. 100 d'acide carbonique; le reste est de l'oxyde de carbone et de l'azote. Le coke est le combustible employé. Les gaz non absorbés par l'ammoniaque passent dans un vase contenant de l'acide sulfurique, puis sont rejetés. L'acide sulfurique a pour but de retenir à l'état de sulfates les dernières traces d'ammoniaque qui sont entraînées par le courant. Dès qu'on a une quantité suffisante de sulfate, on le distille avec de la chaux, et on fait rentrer l'ammoniaque produite dans la circulation. On envoie l'acide carbonique dans le condensateur pendant toute la durée de la distillation.

Tous les appareils employés, construits par la maison *Wegelin* et *Hübner*, de Halle, sont garantis contre les pertes en ammoniaque, et en somme, on peut dire qu'il n'y en a pas. Quant au traitement lui-même, il pourrait entraîner des pertes en ammoniaque, si elle était retenue soit par les oxydes et le cuivre précipité malgré le lavage, soit par les eaux qu'on rejette après la distillation, soit enfin par les gaz non condensés.

Or la première cause de pertes est annulée par le traitement des oxydes et du cuivre à la vapeur d'eau, en vase clos, puisque la vapeur rentre dans la circulation. La seconde disparaît également, puisque le résidu de la distillation sert, après séparation du carbonate de zinc, à

l'alimentation des chaudières qui fournissent la vapeur employée à la distillation. Enfin, les gaz non condensés passant dans l'acide sulfurique, on peut admettre que les pertes en ammoniaque de ce chef sont également nulles.

Il y a deux chaudières de dissolution servant alternativement, et deux de précipitation dont une seule sert à la fois : un cycle entier dure 24 heures.

Tous les appareils sont installés dans un bâtiment à trois étages, dont je donne les plans, Pl. XII, *fig.* 3.

F. *Calcination du carbonate de zinc.*

La calcination du carbonate de zinc a lieu dans des fours à réverbère. Si la flamme n'était pas en contact avec la matière, la dépense en combustible serait trop considérable, ou alors la décomposition ne serait pas complète. On a remarqué d'ailleurs que le blanc de zinc couvre d'autant mieux qu'il retient moins d'acide carbonique. Il est vrai qu'il est plus blanc, lorsqu'il n'est pas tout à fait décomposé. On emploie des fours à chauffe gazogène, ne donnant presque pas de fumée. La masse est disposée sur la sole et tout d'abord se décompose en décrépitant vivement. A la fin, on l'amène dans la partie la plus chaude, et on la remue constamment pour renouveler les surfaces. La production en blanc de zinc est de 350 kil. par 24 heures.

5. Traitement des matières plombeuses riches.

Les produits riches obtenus sont :

1° Du plomb riche qu'on soumet à la coupellation ;

2° Un mélange d'oxyde de plomb et de plomb argentifère renfermant 2 1/2 p. 100 d'argent, qu'on soumet à la fusion réductive, ou qu'on introduit dans le plomb riche

pendant la coupellation. C'est ce qu'on nomme le procédé par imbibition. Dans cette opération, le plomb métallique et l'oxyde se séparent grâce à leur différence de densité ; le premier se réunit au bain, tandis que l'autre nage à la surface, en formant une couche de litharge ; l'argent tout entier va avec le métal fondu.

L'opération se fait dans des fours de coupelle perfectionnés, toujours du type allemand (Pl. XII, *fig.* 4). Le four est isolé et non adossé à une muraille comme les anciens fours. Le perfectionnement le plus important consiste dans l'adjonction de chambres de condensation. Le rampant, divisé en quatre conduits, amène les gaz dans un système de carneaux en serpentin, aboutissant à une cheminée. Le développement des carneaux atteint 200 mètres de long, sur une section de 8 mètres. La sole, circulaire, de $2^{m},70$ de diamètre, ne présente rien de spécial. Le chapeau est en tôle, protégé contre l'oxydation par un revêtement intérieur en marne. Le foyer, alimenté au bois, est soufflé ; la grille a une surface de 0,42.

On introduit le mélange par portions, après avoir décrassé la surface du bain métallique, et, après chaque introduction, on enlève les oxydes formés à la surface ; après quoi seulement on donne le vent et on poursuit la coupellation. Pour une charge de 8 tonnes, elle dure trente heures. L'argent brut produit va à l'affinage.

Les *abzugs*, les litharges et les débris de coupelle, qui sont encore argentifères, sont fondus dans un four à cuve pour plomb d'œuvre.

6. Frais de traitement.

Voici les frais des diverses opérations :

1° Transformation du plomb d'œuvre en alliage triple et plomb marchand (opérations 1 et 2). Par tonne de plomb d'œuvre passé, on a

Main-d'œuvre	2f,75
13 kilog. de zinc à 45 francs les 100 kilog.	5 ,85
97 kilog. de houille à 17f,50 la tonne	1 ,70
Bois	0 ,10
Combustibles pour le travail des deux produits (abstrichs, etc.)	1 ,50
Chaudière (achat et entretien)	4 ,10
Total	15f,90

2° Travail de l'alliage triple pour blanc de zinc et argent (opérations 3, 4, 5). Une tonne de plomb d'œuvre donne 61k,15 d'alliage, que la vapeur décompose en 38k,5 de plomb riche et 25,65 d'oxydes. Voici les frais de l'opération 3, rapportés toujours à une tonne de plomb d'œuvre.

Main-d'œuvre	0f,03
8k,6 de houille à 17f,50	0 ,14
Bois	0 ,22
Chaudières (achat et entretien)	0 ,77
Total	1f,09

Les 25k,65 d'oxydes donnent 15k,50 de matières plombeuses riches (plomb et oxyde de plomb) et 10k,15 de blanc de zinc. Je ne fais pas entrer en ligne de compte les frais de précipitation du cuivre, ni de fabrication d'acide carbonique; le cuivre précipité et la chaux produite les couvrent et au delà. Dans ces conditions, les frais de l'opération n° 4 sont :

Main-d'œuvre	0f,75
Houille	1 ,05
Perte en ammoniaque	0 ,15
Entretien des appareils	0 ,35
Total	2f,30

Les matières à coupeller provenant de 1 tonne de plomb sont : 38k,50 de plomb riche et 15k,50 de matières plombeuses riches. Le travail de la coupellation (opération 5) coûte :

Main-d'œuvre	0f,35
Houille	0 ,13
Bois	0 ,22
Marne	0 ,11
Entretien	0 ,28
Total	1f,09

et, en faisant la récapitulation des totaux partiels, on obtient comme frais de traitement de 1 tonne de plomb d'œuvre :

Opérations	1 et 2	19f,90
Opération	3	1 ,09
—	4	2 ,30
—	5	1 ,09
Total général		20f,38

Si, au moyen des données précédentes, on calcule le prix de revient de 100 kilogrammes de blanc de zinc, on trouve 22f,55. Or, il se vend couramment 38f,75 les 100 kilogrammes, et on pense que le prix de vente atteindra bientôt 40 à 45 francs. C'est là une recette assez importante, et qui peut couvrir les frais d'intérêt et d'amortissement.

Si on compare maintenant le procédé à l'ammoniaque avec les autres plus anciens, réduction au four à cuve et distillation, on arrive aux résultats suivants.

Par le procédé à l'ammoniaque, les frais de la seule transformation de 1 tonne d'alliage triple en matières plombeuses bonnes à coupeller, coûtent 47 francs; je rappelle le détail des opérations :

Pour 61k,15 d'alliage provenant de 1 tonne de plomb d'œuvre, on a trouvé :

Décomposition de l'alliage par la vapeur d'eau (opération n° 3)	1f,09
Travail de la partie oxydée pour matières plombeuses riches et carbonate de zinc (opérat. n° 4)	2 ,30
Total	3f,39

Il faut déduire de là les frais de calcination du carbonate de zinc, puisqu'on ne prend que les frais de transformation de l'alliage. Or, ces frais s'élèvent à $0^{f},50$. En déduisant $0^{f},50$ de $3^{f},39$, il reste $2^{f},89$; et, en rapportant ces frais à 1 tonne d'alliage, on obtient $2^{f},89 \times \frac{1000}{61^{k},15}$, ce qui fait 47 francs.

Dans le traitement au four à cuve, la dépense n'est que de 35 francs, mais le rendement en argent est plus faible de 2 à 3 p. 100, et la perte en plomb s'élève à 2,5 p. 100, tandis qu'elle n'est que de 0,9 p. 100 dans le procédé à l'ammoniaque. Enfin, la vente de l'oxyde de zinc, même en défalquant le prix de la calcination que je n'ai pas compté tout à l'heure, comble la différence et au delà.

Les essais faits à Altenau, pour la distillation du zinc en cornues, ont coûté fort cher, et on aurait facilement raison contre ce procédé en prenant les chiffres d'Altenau. Mais si l'on prend l'exemple d'usines américaines, où toutes les circonstances favorables sont réunies, on trouve que les frais de traitement de l'alliage s'élèvent encore à 71 francs par tonne. De plus, ce procédé ne permet de recueillir que la moitié du zinc, tandis que, par le procédé à l'ammoniaque, on en récupère 98 p. 100. Le dernier paraît donc être le plus satisfaisant au point de vue technique et économique.

V.

DÉSARGENTATION DU CUIVRE NOIR.

Haut-Hartz.

Usine d'Altenau.

Ainsi que je l'ai dit plus haut, tout le cuivre noir du Haut-Harz est traité à Altenau.

Les mattes concentrées tenant 30 à 35 p. 100 de cuivre et provenant du travail des minerais de plomb sont soumises alternativement à 5 grillages et à 5 fusions qui donnent du cuivre noir. Dans une dernière opération, on affine au four hongrois tout le cuivre noir produit, et on le coule dans le bassin contenant de l'eau. Les grenailles obtenues tiennent de 96 à 97 p. 100 de cuivre et de 0,20 à 0,40 p. 100 d'argent; elles vont à la désargentation.

Le principe de la méthode consiste à humecter les grenailles d'acide sulfurique chaud et étendu jusqu'à ce qu'il ne marque plus que 25° à l'aréomètre de Baumé. Au contact de l'air et de l'acide, le cuivre s'oxyde, et donne du sulfate soluble, tandis que l'argent se sépare à l'état de dépôt, ainsi que l'or. Le plomb donne également un sulfate insoluble. Le fer et le nickel se dissolvent ainsi que le cuivre.

L'opération se fait dans des tonneaux cylindriques où se rend l'acide après avoir traversé un bassin en bois doublé de plomb et chauffé par-dessous. Les tonneaux sont également doublés de plomb et pourvus d'un double fond. On charge d'abord les plus gros morceaux, puis la grenaille en dessus. Un siphon, terminé par un robinet, permet d'arroser la grenaille sur toute sa surface. Un canal doublé de plomb reçoit les eaux chargées de vitriol et sert de cristallisoir. L'eau-mère, qui retient toujours du cuivre et de l'acide sulfurique, sert à diluer l'acide employé.

Le sulfate de cuivre doit être purifié avant d'être livré au commerce; à cet effet, on introduit les cristaux dans un bassin en plomb avec de l'eau à 70 ou 80°, on chauffe douze heures, et on laisse reposer quelques instants; il reste au fond un dépôt insoluble, tandis que la liqueur claire est envoyée dans des bacs de cristallisation. On récolte les cristaux dans des paniers, puis ils sont lavés, égouttés, séchés et mis en baril pour être expédiés.

Le nickel se concentre peu à peu dans les eaux-mères qui resservent indéfiniment. Au bout de quelques mois, les eaux vitrioliques sont assez riches en nickel pour laisser déposer du sulfate de ce métal, mais ce dépôt ne commence qu'après celui du sulfate de cuivre ; il est donc facile de les séparer. On purifie le sulfate de nickel par une seconde cristallisation.

Quant à la boue argentifère, qui est restée dans les tonneaux de dissolution et dans le bassin de purification, elle contient environ 50 p. 100 de sulfate de plomb et 3 p. 100 d'argent ; on la lave à l'eau pure, puis on la mélange avec des litharges qu'on revivifie dans des fours à cuve, soit le four Kast à 5 tuyères, soit le four Raschett à 12 tuyères. Le premier est à section circulaire et à cuve évasée dans le haut ; les dimensions sont :

Diamètre aux tuyères	0,92
— au gueulard	1,45
Hauteur de la cuve au-dessus des tuyères	4,93
— totale	5,66

Il y a un avant-bassin pour l'écoulement des scories.

Le four Raschett ne présente pas de dispositif spécial ; la section aux tuyères a $0^m,87$ sur $2^m,15$; au gueulard, $1^m,42$ sur 2,15 ; la hauteur est de 4 mètres.

Le lit de fusion est composé de manière à produire une fonte de précipitation comme dans le traitement des minerais de plomb et de cuivre. On passe en vingt-quatre heures :

Boue argentifère	5.000^k
Litharges	1.000
Matte plombeuse grillée	800
Pyrite de fer grillée	500
Scorie du travail du plomb	10.000
— — du cuivre	4.000
Coke	3.850

On obtient comme produits :

Plomb d'œuvre	6.900
Matte cuivreuse argentifère	3.550

La pyrite grillée est ajoutée pour donner à la fois le fer nécessaire à la précipitation, et le soufre pour la formation de la matte. La réduction du sulfate de plomb fournit le reste.

Le plomb d'œuvre est directement coupellé, et l'argent brut va à Lautenthal se faire affiner. Les litharges, qui sont riches, sont repassées avec les minerais de plomb. Quant à la matte cuivreuse, elle repasse au traitement pour cuivre noir argentifère.

Bas-Hartz.

Usine d'Oker.

Vu la richesse en cuivre de la matte concentrée, on ne la grille que deux fois, puis on l'affine au four à reverbère pour cuivre noir, et on la coule en grenailles. Les cuves, où se fait la dissolution, sont de forme tronconique, doublées de plomb à l'intérieur ; elles ont $0^m,885$ et $0^m,720$ de diamètres supérieur et inférieur, et $1^m,62$ de profondeur. Le principe et les détails du traitement sont, d'ailleurs, absolument les mêmes ici qu'à Altenau.

Une tonne de grenailles de cuivre donne $3^T,800$ de vitriol bleu, et exige $2^T,4$ d'acide sulfurique à 50° Baumé.

La production d'un groupe de 6 cuves de dissolution varie de 1.200 à 1.500 kilogrammes de sulfate de cuivre par vingt-quatre heures.

VI.

AUTRES PROCÉDÉS DE DÉSARGENTATION.

Plomb.

Procédé Keith. — On a fait à Lautenthal des essais pour désargenter le plomb par voie électrolytique (pro-

cédé de Keith); mais le procédé qui réussit bien pour le cuivre n'a pas donné de bons résultats pour les raisons suivantes.

La forme sous laquelle le plomb se sépare est peu favorable : il se présente en arborescences et en ramifications, qui parcourent la liqueur dans tous les sens et établissent des communications entre les deux pôles. Si on éloigne davantage les électrodes, les cristaux de plomb tombent au fond, mais alors la résistance du liquide augmentant proportionnellement à la distance, il faut employer une plus grande quantité d'électricité. Peut-être pourrait-on, au moyen d'agitateurs mécaniques, enlever le plomb déposé à la surface des électrodes, ce qui permettrait de les rapprocher. Mais, dans ce cas, la caisse serait rapidement remplie et il faudrait vider souvent, car le plomb précipité étant peu cohérent occupe un grand volume. Il en est de même pour les sacs de mousseline avec lesquels on enveloppe le plomb à désargenter pour empêcher le résidu insoluble de salir le plomb cristallisé. Enfin, un inconvénient grave est l'entraînement du zinc par le plomb électrolysé. Voici un exemple de la composition du plomb employé et des produits obtenus :

	Plomb d'œuvre.	Plomb électrolysé.	Résidu.
Plomb.	98,7976	99,9930	23,97
Bismuth.	0,0037	0,0030	11,20
Cuivre.	0,3711	0,0006	14,44
Antimoine.	0,5564	0,0010	29,70
Argent.	0,2540	»	18,63
Fer.	0,0057	0,0004	»
Nickel.	0,0073	»	0,09
Zinc.	0,0027	0,0020	1,80

Ce procédé a été complètement abandonné.

Cuivre.

Procédé Claudet. — On a essayé récemment, à Oker,

pour la désargentation du cuivre, le procédé Claudet et le procédé électrolytique, sur lesquels je n'ai pu obtenir de grands détails.

Le premier est fondé sur ce principe que le chlorure d'argent est soluble dans une liqueur de chlorure de sodium, tandis que l'iodure est insoluble. On intercale donc, après le lessivage des minerais soumis au grillage chlorurant, une opération qui a pour but de précipiter l'argent à l'état d'iodure. On introduit pour cela dans les cuves de dissolution de l'iodure de sodium en quantité strictement nécessaire ; on recueille le dépôt d'iodure d'argent, et on le remet en digestion avec du sulfure de sodium, ce qui, par une double transformation, redonne de l'iodure de sodium et du sulfure d'argent. Le premier rentre dans le traitement ; de l'autre, on extrait facilement le métal précieux. En Angleterre, dans les usines de la Cie Tharsis, l'iodure d'argent, au lieu d'être mis en digestion dans le sulfure de sodium, est réduit par le zinc métallique ; on obtient donc directement de l'argent de cément qu'il n'y a plus qu'à affiner, et de l'iodure de zinc qui rentre dans le traitement à la place de l'iodure de sodium.

Procédé électrolytique. — Le procédé électrolytique est analogue au procédé Keith : le cuivre remplace le plomb. Le cuivre est coulé en plaques de $0^{m},80$ sur $0^{m},70$, épaisses de 5 à 6 centimètres ; on les attache au pôle positif de la pile : elles plongent dans un bain de sulfate de cuivre. Quand le courant passe, la plaque se dissout ; le cuivre métallique est transporté à l'autre électrode, et il reste une boue argentifère qui est traitée comme celle qui provient de la dissolution du cuivre noir. L'avantage principal de cette méthode est qu'on obtient directement du cuivre métallique pur, tandis que les autres ne fournissent qu'un sel soluble.

VII

AFFINAGE DE L'ARGENT ET EXTRACTION DE L'OR.

Haut-Hartz.

Usine de Lautenthal.

L'affinage de l'argent se fait dans un petit four de coupellation à foyer soufflé ; la sole ovale a $1^m,60$ de long et $1^m,15$ de largeur maximum ; la grille a $0^m,50$ de surface ; elle est plus grande que celle du four de coupellation décrit plus haut, bien que la sole soit plus petite ; mais on a besoin de développer une température bien plus élevée. On brûle du bois et de la houille. La charge est de 100 kil. d'argent brut qui donnent 95 kil. d'argent raffiné. Les débris de coupelle, imbibés de litharge riche sont repassés à la fusion avec les minerais. L'argent provenant des « écumes de zinc » (*zinkschaum*) ne contient pas une quantité notable d'or ; mais celui qui provient des « écumes de cuivre » (*kupferschaum*) est aurifère ; on le grenaille en le faisant couler dans l'eau froide et on l'envoie à l'atelier d'extraction de l'or. L'argent non aurifère est coulé en pains et livré au commerce.

Le procédé qu'on emploie aujourd'hui pour extraire l'or de l'argent aurifère a commencé à être appliqué dans l'usine de Lauthenthal, en 1875. Le traitement, dont le principe est très simple, exige quelques précautions et présente quelques particularités intéressantes. Il est fondé sur la dissolution de l'argent dans l'acide sulfurique chaud et concentré.

J'examinerai succinctement :

A. La dissolution de l'argent.
B. La réduction du sulfate d'argent.

C. La purification et la fusion de l'argent.
D. Le travail des liqueurs sulfuriques.
E. La purification et la fusion de l'or.
F. Les frais de traitement.

A. *Dissolution de l'argent.*

La formule de la réaction est la suivante :



$$Ag + 2SO^3.HO = AgO.SO^3 + SO^2 + 2HO.$$

Théoriquement, il faudrait 0,9 d'acide pour 1 de métal. Dans la pratique, on double cette quantité pour être sûr que l'attaque sera complète, et pour maintenir en dissolution le sulfate d'argent formé.

On dissout 200 kilogrammes d'argent dans un poids double d'acide sulfurique anglais, formé d'un mélange de 300 kilogrammes d'acide à 66° Baumé et de 100 kilogrammes d'acide étendu provenant d'une opération antérieure. La dissolution se fait dans une chaudière en fonte, qui s'attaque assez rapidement par suite de l'addition de l'acide étendu, ce qui retarde la réaction et salit le résidu d'or. L'installation des chaudières est représentée en coupe (Pl. XII, *fig.* 5). On a donné plus d'épaisseur au fond qu'aux parois, parce que c'est la partie la plus vite attaquée; *dd* sont des conduits inclinés en tôle destinés à recueillir la liqueur et à la faire rendre dans un réservoir au cas où une fissure viendrait à se produire dans les chaudières. On laisse digérer les grenailles à froid dans l'acide pendant 12 heures, puis on allume le feu, ce qui détermine la réaction. L'acide sulfureux s'échappe par des orifices pratiqués dans les couvercles des chaudières, puis est conduit par des tuyaux de plomb dans la cheminée de la forge. De la sorte, les particules de sulfate d'argent entraînées par le courant gazeux se déposent sur la suie

qu'on râcle de temps en temps et qu'on lessive. La dissolution est complète au bout de 10 à 12 heures.

B. *Réduction du sulfate d'argent.*

Après refroidissement, on puise la liqueur sulfurique avec des cuillers de cuivre, on la verse dans la seconde chaudière B, on y ajoute de l'eau froide où l'acide étendu provenant d'une opération antérieure. Le sel d'argent se précipite sous forme de flocons caillebottés d'un blanc jaunâtre. Au bout de 2 heures, la précipitation est à peu près complète et le sel se dépose au fond de la chaudière. On décante alors la liqueur surnageante, et on la verse dans une caisse en plomb d'où on la puise pour dissoudre une nouvelle quantité d'argent.

Le précipité de sulfate d'argent, débarrassé aussi complètement que possible de l'acide, est introduit, au moyen d'un seau en cuivre, dans une caisse en bois doublée de plomb, recouverte d'un couvercle en bois. On y verse de l'eau et on ajoute petit à petit des lames de fer. Il faut attendre, avant de faire une nouvelle addition, que la charge précédente ait été complètement dissoute. Le fer précipite l'argent de sa combinaison avec l'acide sulfurique et forme du sulfate de fer. Pendant tout le temps que dure la réaction, on maintient la liqueur en mouvement avec des agitateurs en bois, afin d'empêcher l'agglomération du sulfate d'argent en masses qui échapperaient à la décomposition. La précipitation est en général terminée au bout de 2 ou 3 heures. Lorsqu'elle touche à sa fin, on diminue les additions de fer afin de diminuer la quantité de fer métallique qui reste mêlée à l'argent, et, par suite, la quantité de scorie produite pendant le raffinage. On ajoute aussi un peu de sulfate de cuivre qui est décomposé par les parcelles de fer métallique, et donne du cuivre dont la présence n'est pas nuisible pour l'ar-

gent; mais cet artifice n'est pas nécessaire, et l'addition de quelques gouttes de sel marin fait connaître très exactement s'il reste encore du sulfate non décomposé.

Une seconde caisse, semblable à la première, sert de réservoir aux liqueurs étendues provenant de la suite des opérations et pouvant contenir des parcelles d'or ou d'argent; après avoir laissées s'éclaircir et déposer les matières en suspension, on les envoie dans les chaudières de dissolution ou dans la cuve de précipitation où elles apportent l'eau nécessaire pour diluer l'acide. Quant au dépôt obtenu, on le traite par le fer et on obtient ainsi de l'argent qui rentre dans la circulation générale.

A l'origine on faisait passer directement la liqueur de la cuve de dissolution dans celle de précipitation; mais alors l'addition du fer provoquait un tel dégagement d'hydrogène que les ouvriers étaient obligés de s'en aller. Avec le procédé actuel, il n'en est plus ainsi, et la petite quantité d'acide qui imprègne encore le sulfate est sans inconvénient.

Lorsque tout le sulfate est décomposé, on décante la liqueur avec un siphon en plomb dont la petite branche est pourvue d'une toile à l'orifice. La solution de sulfate de fer tombe dans un entonnoir en plomb et s'écoule, de là, par un tuyau, dans un réservoir creusé sous le sol de l'usine.

C. *Purification et fusion de l'argent.*

On enlève d'abord le sulfate de fer qui imbibe la poudre métallique en la lavant à l'eau chaude dans un vase en cuivre dont le fond, percé de trous, est recouvert d'une toile. On continue le lavage jusqu'à ce que l'eau qui s'écoule ne se colore plus par l'addition de prussiate de potasse. Elle se rend dans un bac en plomb, et, de là, par un conduit rectangulaire en bois doublé de plomb et

long de 3 mètres, dans la seconde caisse dont j'ai parlé plus haut. L'argent, retiré du filtre, est porté à la presse hydraulique (Pl. XII, *fig.* 6); celle-ci est constituée simplement par un cylindre d'acier fixe autour duquel se meut un manchon *m* qui s'appuie sur une plate-forme *f*. L'eau qui s'échappe et qui peut entraîner des particules métalliques est recueillie dans un seau.

Pour extraire le métal comprimé, on introduit sous le rebord extérieur du manchon un doigt de fer qui le maintient fixe, tandis qu'on abaisse la plate-forme. On introduit alors entre la plate-forme et le manchon une cuiller en fer, à parois épaisses, et on fait jouer de nouveau la presse hydraulique; le manchon monte, le gâteau d'argent, arrêté par le cylindre fixe *c* reste en place, et quand le manchon arrive au bout de sa course, le gâteau se trouve dégagé et tombe dans la cuiller.

Les gâteaux d'argent sont cylindriques, hauts de 12 centimètres environ; on les bat au marteau et au ciseau; on les porte au rouge dans un four à moufle; enfin, on les fond avec quelques fragments de nitre dans un four à vent à 2 tuyères. Les creusets, en argile réfractaire, peuvent contenir 200 kilogrammes; on coule le métal en lingots de 30 ou 40 kilogrammes dans des moules en fonte chauffés au préalable. L'argent est livré au commerce sous cette forme.

D. *Travail des liqueurs sulfuriques.*

La dissolution de sulfate de fer, entraînant des parcelles d'argent métallique, s'en va par un canal dans un réservoir où se déposent les matières tenues en suspension, et finalement elle est envoyée par une petite pompe dans une chaudière en plomb. On y évapore la dissolution après l'avoir saturée, si elle renfermait encore de l'acide libre, par l'addition d'un peu de fer métallique. Lors-

qu'elle est suffisamment concentrée, on la fait écouler dans des bacs en plomb où le sulfate de fer cristallise. On le détache des parois et on fait égoutter les cristaux; l'eau mère qui les mouille est renvoyée dans le réservoir. Quant à l'eau mère du cristallisoir, elle est rejetée. On trouve au fond de la chaudière de concentration et du cristallisoir un dépôt boueux formé de particules très ténues d'argent et de cuivre. On les recueille, et lorsqu'on en a une quantité suffisante, on les fond.

E. *Purification et fusion de l'or.*

On laisse s'accumuler dans la première chaudière A, où se fait la dissolution, le résidu de plusieurs opérations successives, 4 en général, de manière à traiter à la fois 6 à 7 kilogrammes d'or. On fait bouillir ce résidu avec de l'acide sulfurique concentré, et, après refroidissement, on le puise avec un vase de cuivre pour le verser dans une caisse en plomb afin de séparer l'or des sulfates de fer et de cuivre déshydratés et rendus insolubles dans l'acide concentré. Autrefois, on étendait la masse de 2 ou 3 fois son poids d'eau bouillante provenant d'une chaudière à vapeur. Actuellement on fait arriver la vapeur elle-même par un tuyau, et on peut ainsi maintenir l'ébullition aussi longtemps qu'on veut. Le liquide est extrait avec des siphons de verre; on le fait arriver d'abord dans des bassins en porcelaine où les particules d'or entraînées se déposent, puis dans la seconde caisse déjà mentionnée. Lorsque cette opération est terminée, on purifie l'or de l'argent métallique qu'il retient en le traitant de nouveau dans une petite chaudière en fonte P, faisant partie du même massif que A et B. On ajoute de l'acide sulfurique à 66° Baumé; on chauffe, puis on laisse refroidir, et on répète l'opération jusqu'à ce qu'on ne puisse plus déceler la présence d'au-

cune trace d'argent dans les eaux de lavage. Une seconde fois suffit en général. Le liquide provenant du lavage est réemployé à la dissolution de l'argent dans la chaudière A.

L'or obtenu n'est pas tout à fait pur; il ne renferme que 920 millièmes de fin. On l'introduit dans un vase en porcelaine avec de l'eau régale, et on le chauffe au bain de sable. Après dissolution, on laisse la liqueur s'éclaircir par repos et on la décante avec un siphon de verre, en tâchant de ne pas entraîner le résidu qui est formé principalement de chlorure d'argent. On laisse de nouveau déposer le liquide décanté; on lave avec soin le résidu et, dans la liqueur claire, on ajoute une solution de sulfate de fer en excès. L'or est réduit suivant la réaction bien connue qu'exprime la formule.



$$Au^2Cl^3 + 6FeO.SO^3 = Fe^2Cl^3 + 2(Fe^2O^3.3SO^3) + 2Au.$$

Le précipité d'or est lavé par décantations à l'eau chaude un grand nombre de fois, puis on l'introduit dans un vase en porcelaine un peu profond. Le dépôt de chlorure d'argent est bouilli encore une fois avec de l'acide azotique additionné de quelques gouttes d'acide chlorhydrique pour dissoudre les dernières traces d'or, puis on le réduit par le fer en liqueur sulfurique. On obtient ainsi de l'argent métallique qui est fondu dans un creuset et repassé à la dissolution dans la chaudière A.

La poudre d'or est lavée jusqu'à ce que l'eau de lavage ne contienne plus de fer, puis on la sèche au bain de sable dans de grandes assiettes en porcelaine de $0^m,44$ de diamètre. On la fond enfin dans le four à vent, qui sert à la fusion de l'argent, avec un peu de potasse et de farine. On coule l'or en lingots de 1 kil. 1/2 environ, qu'on refond, par 3 à la fois, dans des creusets de plombagine; on coule définitivement en barres de 4 à 5 kilogrammes

dans un moule en fer chauffé et enduit intérieurement d'huile.

Les débris de creusets, les scories provenant de la fusion de l'argent et les autres déchets de fabrication sont recueillis; lorsqu'on en a une certaine quantité, on les réduit en poudre et on les introduit dans le traitement des plombs riches à coupeller.

Les creusets employés pour fondre l'argent et l'or sont des creusets en argile réfractaire, dits creusets de Hesse, ou en plombagine. Les premiers sont cassés après la fusion pour l'extraction du culot, les autres peuvent servir plusieurs fois.

F. *Frais de traitement.*

En moyenne, 100 kilogrammes d'argent brut traités donnent :

Argent fin	98k,480
Or fin	0 ,720
Sulfate de fer	105 ,000

Les consommations sont, pour le traitement de 100 kilogrammes d'argent brut :

Coke	67k,000
Houille	216 ,000
Charbon de bois	35 ,000
Bois	1 ,600
Acide sulfurique à 66°	180 ,000
Fer	30 ,000
Sulfate de cuivre	2 ,000

Les frais de traitement se décomposent ainsi, pour 100 kilogrammes d'argent brut :

Main-d'œuvre	18f,40
Matières premières	47 ,30
Frais généraux	31 ,65
	97f 53

La valeur créée est d'environ 22.000 francs.

Bas-Hartz.

Usine d'Oker.

L'argent est affiné dans des têts en fer, de $0^m,30$ de diamètre et $0^m,08$ de profondeur, revêtus de marne intérieurement. On y introduit 25 kilogrammes d'argent brut, puis on les chauffe, par 3 à la fois, à l'intérieur d'un moufle dans un four à vent, alimenté au charbon de bois. Pendant la fusion, on agite le métal avec des crochets en fer; les impuretés se scorifient et montent à la surface. Au bout de 8 à 10 heures, l'affinage est terminé; on grenaille l'argent en le faisant couler dans l'eau froide.

La production annuelle de l'argent est de 2.500 à 3.000 kilogrammes, renfermant en moyenne 0,3 p. 100 d'or. L'argent le plus pauvre est celui qui provient du traitement direct du plomb à Juliushütte et Sophienhütte; il ne contient que 0,3 p. 100 d'or, tandis que celui qui provient du travail des « minerais mélangés » en contient 0,6 p. 100, et celui qui a été séparé du cuivre en contient 1 p. 100.

L'extraction de l'or se fait, à Oker, dans un atelier dont l'installation, bien qu'assez ancienne, répond encore aux exigences actuelles.

Le principe de la séparation est le même qu'à Lautenthal, mais l'exécution est un peu différente. Les vases servant à la dissolution de l'argent sont en porcelaine. On les chauffe au bain-marie dans une chaudière en fonte qui est aussi destinée à en recevoir le contenu au cas où ils se briseraient. Ces vases, au nombre de 4, sont fermés par un couvercle à fermeture hydraulique. La charge de chacun d'eux est de $6^{kil},25$ d'argent et $12^{kil},5$ d'acide sulfurique à 66°. La dissolution doit être

surveillée avec beaucoup d'attention ; elle est terminée au bout de 6 heures. On laisse reposer la liqueur, puis on la verse dans un vase en plomb où le sulfate d'argent se sépare. On le redissout dans l'eau chaude, puis on précipite l'argent par des lames de cuivre en agitant continuellement et en chauffant. Quand la précipitation est terminée, on arrête le feu, on laisse reposer 18 heures et on décante avec un siphon la dissolution de sulfate de cuivre. On emploie 30 kilogrammes de cuivre pour la précipitation de 100 kilogrammes d'argent.

L'argent de cément est lavé à l'eau sur un filtre formé d'un entonnoir en cuivre et d'une toile fine, puis comprimé dans une presse à vis. On obtient un cylindre qu'on sèche et qu'on fond avec du salpêtre dans un creuset de graphite.

L'or obtenu par ce procédé est beaucoup plus pur que celui qu'on obtient en dissolvant l'argent brut dans des chaudières en fonte ; il ne contient comme impureté que de l'argent dont on le débarrasse en le faisant bouillir quelquefois avec de l'acide sulfurique concentré. On le lave jusqu'à ce que les eaux de lavage ne contiennent plus trace d'argent, et on le sèche dans une nacelle en porcelaine. Lorsqu'on en a 3 kilogrammes environ, on le fond dans un creuset de graphite, et on a de l'or tenant 985 millièmes de fin.

VIII

STATISTIQUE DE LA PRODUCTION DES USINES DU HARTZ EN 1881.

En 1881, les usines du Hartz ont traité 56.160 tonnes de minerais, et occupé 1.636 ouvriers. Voici maintenant le détail de la production pendant le même temps.

Plomb et Cuivre.

Haut-Hartz.

Les usines du Haut-Hartz ont marché pendant toute l'année 1881 sans interruption, et ont fondu en tout 16.248 tonnes de minerais provenant des filons du Haut-Hartz et 1.234 tonnes de minerais étrangers.

En 1880 les chiffres correspondants avaient été 16.148 et 1.085 tonnes.

La production totale du plomb marchand a été :

En 1881	9.428^T,205	valant	3.271.762^f
1880	9.727 ,185	—	3.574.367

L'usine de *Clausthal* a traité :

10.527 tonnes de minerai du Haut-Hartz,

et a produit :

6.380^t,25 de plomb d'œuvre.

Elle compte 338 ouvriers.

L'usine de *Lautenthal* a traité :

3.019 tonnes de minerai de Haut-Hartz,
6.100 — de plomb d'œuvre pauvre venant de Clausthal.

et a produit :

8.135 tonnes de plomb marchand.

Elle compte 196 ouvriers.

L'usine d'*Altenau* a fondu :

1.953 tonnes de minerais plombeux du Haut-Hartz,
255 — de minerais cuivreux du Haut-Hartz,
479 — de minerais étrangers,
131 — de crasses,
188 — de matte cuivreuse,
117 — de cuivre noir,

et a produit :

$1.219^T,8$	de plomb marchand,
$6.836^k,0$	d'argent brut affiné à Lautenthal,
$61^T,0$	de cuivre.

Elle compte 234 ouvriers.

L'usine peu importante d'Andreasberg a fondu :

493	tonnes de minerais plombeux du Hartz,			
755	—	—	—	étrangers,

et a produit :

73	—	de plomb marchand,
10	—	d'argent brut,

Bas-Hartz.

On a traité :

A Juliushütte. .	12.609	tonnes de minerais plombeux,			
Sophienhütte.	7.241	—	—	—	
Oker.	18.827	—	de minerais cuivreux et plombeux.		

On a produit :

2.144 tonnes de plomb d'œuvre valant 1 million,

qui ont donné :

423	tonnes	de plomb marchand,
1.586	—	de litharges marchandes,
420	—	de cuivre.

Le nombre total des ouvriers employés est de 789.

La production du plomb dans le Hartz est de 13 p. 100 de la production totale de l'Allemagne.

Argent et Or.

Haut-Hartz.

La production en argent des usines fiscales du Haut-Hartz a été :

En 1881 . . .	de 26.384k,700	d'argent fin	valant	5.069.000f
1880 . . .	de 24.912 ,770	—	—	4.810.000
Différence. .	1.471k,910	—	—	259.000f

Le prix du kilogramme d'argent est descendu de 192f,80 à 191f,85.

L'usine de Lautenthal a produit :

En 1881.	38k,690	d'or fin	valant	135.415f
1880.	37 ,310	—	—	730.585
Différence.	1k,380	—	—	4.830f

Bas-Hartz.

Les usines du Bas-Hartz ont produit :

En 1881.	3.854k,02	d'argent fin	valant	743.640f
1880.	3.392 ,53	—	—	655.680
Différence. . . .	461k,49	—	—	87,960f

Le prix moyen du kilogramme est descendu de 193 à 192f,70.

L'usine d'Oker a produit :

En 1881.	23k,940	d'or fin	valant	84.130f
1880.	22 ,990	—	—	80.750
Différence.	0k,950	—	—	3.380f

En 1881 la production du Bas-Hartz en argent a été 21 p. 100 et en or 30 p. 100 de la production totale de l'Allemagne.

La production annuelle du Hartz en métaux représente à peu près dix millions de francs.

TABLE DES MATIÈRES.

LE TRAITEMENT DES MINERAIS D'OR A ZALATHNA (TRANSYLVANIE)

Par M. BEAUGEY, ingénieur des mines.

CONSIDÉRATIONS GÉNÉRALES.

Le district aurifère de la Transylvanie a une superficie d'environ 20 milles carrés, et s'étend sur les comitats de Hunyad, de Zarano et de Unter-Alba. Les centres principaux d'exploitation, Abrud-Banya, Verespatak, Nagyag, etc., sont dans une contrée montagneuse et aride, et le travail des mines est la seule ressource des habitants.

Depuis un certain nombre d'années, la richesse des minerais a considérablement diminué, et a rendu nécessaire le changement radical du mode de traitement.

Avant 1854, le traitement était un monopole du gouvernement. A cette époque, il devînt libre. L'exploitation était productive, on pouvait consacrer les capitaux nécessaires à la création d'usines suffisantes. Mais ces circonstances changèrent : les mines s'appauvrirent, la main-d'œuvre et tous les frais augmentèrent, la production diminua considérablement. Pour venir en aide aux exploitants et, par suite, à toute la population du district, le gouverne-

ment hongrois résolut de créer une usine unique, qui ferait le traitement pour le compte des particuliers, sans bénéfices et sans pertes, et d'avancer les capitaux nécessaires, moyennant un intérêt de 3 p. 100. Les usines de la région, de peu d'importance, mal dirigées, et dans la plus triste situation financière, étaient incapables de se relever elles-mêmes. On les supprima pour conserver, en les perfectionnant, celles de Zalathna, Csertès et Offenbanya ; finalement, ces deux dernières furent aussi abandonnées, de sorte qu'aujourd'hui il ne reste que celle de Zalathna. L'or et l'argent natifs sont obtenus par amalgamation près des mines, et l'usine ne traite que les minerais et les schlichs où l'or est en partie combiné.

Les chiffres suivants montreront les variations qu'a subies la production pendant ces dernières années :

En 1871-72-73, on a produit, annuellement, 905^k,5 d'argent aurifère natif, valant 2.207.405 francs (*); on a fondu, dans les usines de Zalathna, Offenbanya, Csertès (les autres étaient déjà supprimées) :

1° A Zalathna et Offenbanya, 1.060^t,740 de minerais et de schlichs, qui ont produit 323^k,6 d'argent aurifère;

2° A Csertès, 267^t,820 de minerais et schlichs, qui ont produit 223^k,05 d'argent aurifère.

La production annuelle totale était donc, sans compter l'argent aurifère natif, de 1.328^t,560 de minerais et schlichs, et de 546^k,65 d'argent aurifère, valant 657.110 francs.

En 1874, on n'a fondu dans les deux premières usines que 667^t,598 de minerais et schlichs, qui ont produit 197^k,5 d'argent aurifère, ce qui fait, relativement à la production précédente, une diminution de 37 p. 100 sur

(*) Ce chiffre, comme ceux qui suivront, provient de chiffres exprimant des florins; dans la conversion le florin a été pris égal à 2^f,50.

les minerais et les schlichs et de 40 p. 100 sur les métaux obtenus. A Csertès, la diminution était moindre, les minerais de Nagyag s'étant améliorés. On y a fondu, en 1874, 204^{t},125 de minerais et schlichs, qui ont produit 191^{k},2 d'argent aurifère, ce qui fait une diminution de 24 p. 100 sur les minerais et les schlichs, et de 15 p. 100 sur les métaux retirés.

La diminution totale, en 1874, était donc de 456^{t},8 pour les minerais et les schlichs, et de 157^{k},85 pour les métaux extraits, représentant une valeur de 150.000 francs.

En 1877, on a traité 1.194^{t},2 de minerais et de schlichs, qui ont produit 212^{k},65 d'or et 327^{k},38 d'argent; la production s'est déjà relevée par suite des premières réformes accomplies dans le traitement. On a obtenu, en même temps, 4.798 kilogrammes de cuivre, 1.246 kilogrammes de plomb, et enfin, par amalgamation, 952^{k},28 d'argent aurifère, tenant 654^{k},23 d'or et 298^{k},05 d'argent. La valeur totale des produits a été de 8.172.305 francs.

La quantité d'argent aurifère, produite par les usines, variait beaucoup, mais la quantité obtenue par amalgamation restait à peu près constante. Par suite du prix élevé du traitement, les minerais d'or combiné ne donnaient aucun bénéfice à l'exploitant, qui en extrayait le moins possible; il tâchait, au contraire, de produire beaucoup de minerais à traiter par amalgamation. On laissait dans les mines tout ce qui était pauvre pour se précipiter sur les parties riches, au lieu d'aller méthodiquement et de ne rien abandonner; bientôt tout était épuisé. Aussi le nombre des exploitations diminuait constamment. En 1873, on comptait encore 413 mines, occupant 8.639 ouvriers; en 1876, il n'y en avait plus que 383, occupant 6.613 ouvriers.

La teneur moyenne des minerais et schlichs, traités en 1871-72-73, était de 34^{g},2 d'argent aurifère par

100 kilogrammes. En 1874, elle n'était plus que de 33^{g},1, elle avait baissé de 4 p. 100. Cette diminution s'accentuant de plus en plus les années suivantes, et l'État ne baissant pas le prix auquel il payait les minerais aux particuliers, il éprouva bientôt une perte considérable à faire le traitement. Les frais spéciaux de traitement croissaient, en effet, à mesure que la teneur diminuait; ils étaient comptés aux exploitants 5^{f},89 par 100 kilogrammes, tandis qu'en réalité, ils s'élevaient à 8^{f},84. Il y avait donc une différence de 2^{f},95 par 100 kilogrammes au préjudice de l'État. Le prix du traitement, tous frais compris, était de 16^{f},96 par 100 kilogrammes. C'était environ 25 p. 100 de la valeur brute des minerais.

Si l'État avait baissé le prix des minerais, les exploitants se seraient bornés à extraire à peu près exclusivement des minerais à traiter par amalgation; ils auraient diminué les salaires, déjà fort réduits des ouvriers. L'émigration, qui commençait à se faire sentir dans le district, se serait accentuée, des difficultés politiques auraient pu naître, les forêts domaniales de la région, qui alimentaient l'usine et les mines, auraient perdu leur valeur. Il était donc indispensable de venir en aide aux exploitants. Le meilleur moyen était de réformer le traitement. Une somme de 150.000 francs fut accordée pour faire les essais nécessaires, et M. Hauch, qui en fut chargé, proposa une méthode permettant d'utiliser complètement les minerais, que l'on suit actuellement.

On obtient, outre les métaux précieux, des produits secondaires, qui diminuent les frais. De plus, ces produits, qu'on peut livrer à bas prix, peuvent être employés dans des industries accessoires, et en favoriser le développement.

La Hongrie offre, à ce point de vue, beaucoup de ressources; rien n'y est encore fait, et cependant les débouchés ne lui manqueraient pas ; elle ne saurait en trouver

au nord et à l'ouest, il n'en est pas de même au sud et à l'est (*).

ESSAIS DES MINERAIS ET DES PRODUITS DU TRAITEMENT.

Les prises d'essai sont faites avec un très grand soin et d'une manière invariable. La composition des matières à essayer n'offre, en effet, aucune régularité. On fait des essais pour argent aurifère, pour cuivre, pour plomb et pour matte.

Détermination de l'eau hygrométrique. — Dans tous les cas, la première détermination à faire est celle de l'eau hygrométrique de la substance. Elle se fait en chauffant un poids déterminé de matière sur une plaque de tôle, maintenue à une température modérée, suffisante pour chasser entièrement l'eau, mais assez basse pour ne donner lieu à aucune décomposition chimique.

L'opération est faite pour les minerais au moment de leur arrivée à l'usine, en même temps que leur pesée, pour obtenir le poids de matière livré, déduction faite de l'eau. On rapporte tout au poids sec.

Essai pour argent aurifère. — On essaye pour argent aurifère l'argent aurifère brut obtenu dans le traitement, ainsi que les mattes, les résidus qu'elles donnent lorsqu'on les traite par l'acide sulfurique, et quelquefois les scories. On n'a pas grand intérêt à essayer les produits de la coupellation, leur teneur varie peu, et ils repassent indéfiniment dans le lit de fusion.

L'argent aurifère brut est essayé par fusion avec du plomb granulé, et coupellation.

(*) Tous les renseignements qui vont suivre remontent au mois d'août 1882.

Les matières plombeuses sont essayées pour plomb, et le culot obtenu est coupellé.

Les minerais, les mattes, leurs résidus, sont essayés de la manière suivante.

On emploie le procédé généralement usité en Autriche-Hongrie et en Allemagne. Il consiste à faire subir à la matière une fusion oxydante au contact de plomb pauvre (*Ansieden*). Le soufre est brûlé ou volatilisé ; il en est de même du tellure, de l'antimoine, de l'arsenic. Le fer et le cuivre sont oxydés, ainsi qu'une partie du plomb. Ces oxydes scorifient le quartz et les bases terreuses, lorsqu'il y en a. Le plomb non oxydé s'empare de l'or et de l'argent. Il forme un culot qui est coupellé.

On prend 5 grammes de la matière à essayer, et neuf fois ce poids de plomb pauvre granulé. On place dans un têt une partie du plomb ; on étend la matière par-dessus ; on mélange bien, et on ajoute le reste du plomb. On porte le têt dans un moufle, déjà au rouge. On ferme le moufle ; on chauffe vivement, de manière à fondre en un quart d'heure (*erstes Heisthun*). Quand tout est bien liquide, on ouvre le moufle.

Alors commence la période de scorification (*Verschlackungs Periode* ou *Kaltthun*). Il se forme tout autour de la masse fondue un anneau de scories qui croît peu à peu. Il environne le métal qui forme un ménisque au milieu. Après une demi-heure ou trois quarts d'heure, il le recouvre complètement. On ferme alors le moufle, et on donne un nouveau coup de feu (*zweites Heissthun*) de manière à obtenir une séparation bien nette du plomb et de la scorie. Puis on retire l'essai et on le laisse refroidir, en le recouvrant d'un peu de craie ou de sanguine.

On casse le têt et on coupelle le culot de plomb obtenu.

Les matières essayées, particulièrement les minerais, sont généralement trop pauvres pour que 5 grammes

donnent un bouton d'argent aurifère appréciable. On s'arrange de manière à peser, dans tous les cas, un bouton d'au moins $0^{g},250$. On fait une série d'essais comme le précédent, de 2 à 70, en employant de 10 à 350 grammes de matière. On réunit les culots obtenus deux par deux, ou quatre par quatre, selon la richesse, et on les soumet à la scorification.

On réunit de nouveau les culots obtenus deux par deux, ou quatre par quatre, et on continue. On arrive finalement à avoir un culot unique qui, par coupellation, donne un poids suffisant d'argent aurifère bien pur. Cette méthode est dite méthode de concentration. Elle donne de très bons résultats.

Essai pour cuivre. — On essaye pour cuivre certains minerais qui renferment de la chalkopyrite, et les mattes. Dans tous les cas, l'essai comprend un grillage, suivi d'une fusion pour cuivre noir.

Le grillage est la partie difficile de l'opération. On prend 5 grammes de matière, finement pulvérisée, qu'on étend en couche mince dans un têt. On introduit dans un moufle chauffé à une température modérée. Dès que l'on voit se dégager des fumées assez abondantes, on retire le têt. Ordinairement, on fait un assez grand nombre d'essais simultanément. On les divise en deux séries, et quand on retire du moufle les essais d'une série, on introduit ceux de l'autre. Quand on a retiré un essai, on le laisse refroidir; on remue bien la matière; on l'écrase si elle s'est agglomérée, puis on l'introduit de nouveau. On répète ces coups de feu, en augmentant leur durée et la température du moufle à mesure que le grillage s'avance et que la fusion des sulfures restants est moins à craindre. Finalement, on va jusqu'au rouge blanc, de manière à décomposer les sulfates qui ont pu prendre naissance. Ils donneraient, en effet, pendant la fusion, une matte

qui retiendrait une portion du cuivre et rendrait l'essai inexact.

La fusion réductive se fait au four à vent. On place le produit grillé dans un creuset réfractaire, après l'avoir intimement mélangé à :

0gr,20 flux noir,
1 ,00 verre pulvérisé,
1 ,00 tartre,
0 ,50 borax.

On recouvre le mélange d'une couche assez forte de sel marin fondu. On chauffe au rouge pendant une demi-heure ou trois quarts d'heure. On laisse refroidir, et on brise le creuset. On obtient un culot métallique surmonté d'une scorie. Si on trouve entre le culot et la scorie une couche plus ou moins épaisse de matte, l'essai est manqué.

Quand le cuivre obtenu contient de l'arsenic ou de l'antimoine, il est nécessaire de le raffiner. Mais à Zalathna, on est dispensé de cette opération, car il est généralement assez pur, et on le pèse à l'état de cuivre noir.

Essai pour plomb. — On essaye pour plomb les mattes et les produits de la coupellation. On opère toujours sur 5 grammes.

Pour les mattes, l'essai comprend deux opérations : un grillage et une fusion réductive.

Il est très difficile de bien effectuer le grillage. Il faut, en effet, éviter la formation du sulfate de plomb, qu'on ne pourrait décomposer par un coup de feu final et qui, dans la fusion, donnerait du sulfure. On opère comme dans l'essai pour cuivre, par coups de feu successifs. Mais, malgré toutes les précautions, on ne réussit pas complètement.

La fusion réductive se fait au four à vent. On introduit

dans un creuset réfractaire le produit grillé mélangé intimement à :

0gr,40 flux noir,
1 ,00 verre pulvérisé,
1 ,00 colophane.

On recouvre le tout d'une quantité suffisante de sel marin et on fond. On brise le creuset, on sépare le culot de plomb de la scorie, et on le pèse. On obtient finalement des résultats d'une très médiocre exactitude; mais comme on n'a pas en vue l'extraction du plomb, et que les pertes de ce métal sont assez considérables dans le traitement, ils sont suffisants.

Pour les produits de la coupellation, l'essai se borne à une simple fusion au four à vent. On introduit dans un creuset réfractaire 5 grammes de la matière à essayer, mélangée intimement à :

0gr,20 flux noir,
1 ,00 verre pulvérisé,
0 ,50 colophane,
0 ,50 sel marin.

On recouvre le tout de sel marin, et on fond. Puis on laisse refroidir le creuset, on le casse, et on pèse le culot de plomb bien nettoyé.

Essai pour matte. — L'essai des minerais pour matte est très important au point de vue du traitement métallurgique, et en particulier, au point de vue de la composition des lits de fusion. Il fournit des indications indispensables sur la quantité de quartz et de fer à scorifier, et sur le soufre.

Il consiste en une simple fusion. On mélange 5 grammes de minerai à 6g,25 de borax et à 2g,5 de verre pulvérisé; on introduit le mélange dans un creuset, et on le recouvre d'une couche de sel marin. Puis on chauffe au

four à vent. Après fusion, on retire le creuset qu'on laisse refroidir, on le casse, et on pèse la matte obtenue après l'avoir bien séparée de la scorie.

Fours à moufle et fours à vent. — Les fours à moufle sont des fours de Plattner. Le combustible entoure le moufle sur toutes ses faces. Ceux qui servent à la coupellation présentent une disposition très recommandable. Au-dessus de la porte se trouve un petit conduit, ménagé dans les parois du foyer, et aboutissant à la cheminée. Les vapeurs plombeuses, au lieu de se répandre dans le laboratoire, subissent l'effet du tirage, et passent dans ce conduit. On a à faire un très grand nombre d'essais, les lots de minerais livrés à l'usine étant généralement très faibles. On emploie dix fours à moufle. Quatre sont chauffés avec du charbon de bois de hêtre, les autres sont chauffés au bois.

Les fours à vent n'ont rien de particulier : ils sont au nombre de deux, chauffés au charbon de bois.

COMPOSITION, CLASSEMENT, ACHAT DE MINERAIS.

On divise les minerais en minerais proprement dits, et en schlichs. Depuis longtemps déjà on ne dispose presque exclusivement que de schlichs. Ils renferment en moyenne p. 100:

Quartz	15 à 20
Fer	35 à 40
Soufre	40 à 45

On y trouve, outre l'or et l'argent, des proportions variables de cuivre, de plomb, d'alumine, de carbonates de chaux et de manganèse, etc., et enfin de tellure. Ils sont surtout caractérisés par la présence de ce dernier élé-

ment. On les classe, d'après leur teneur en métaux précieux, en trois catégories :

1° Schlichs pauvres, tenant de. . . .	0 à 34 gr. p. 100 kilog.
2° Schlichs moyens.	35 à 70
3° Schlichs riches.	plus de 70.

Le rendement en matte varie de 0 à 65 p. 100 dans chaque catégorie, et permet d'y faire des subdivisions pour lesquelles les frais de traitement sont variables.

On classe à part certains minerais de Nagyag, d'une richesse exceptionnelle : ce sont les minerais dits tellureux, par suite de leur forte teneur en tellure (*Tellurerz*), et qui sont d'ailleurs très rares. On les divise en trois sortes, désignées par les numéros 1, 2 et 3. Voici les teneurs de quelques lots de ces trois sortes :

		Poids du lot.	Argent aurifère pour 100 kilog.	Or contenu dans 1 kil. d'argent.
Minerai tellureux	n° 1.	165k,0	4k,440	0k,687
Id.	id.	98 ,5	1 ,805	0 ,6132
Id.	n° 2.	815 ,0	0 ,943	0 ,727
Id.	id.	466 ,0	0 ,773	0 ,6224
Id.	n° 3.	783 ,0	0 ,205	0 ,6528

On range dans la première sorte ceux qui renferment plus de 1 kilogramme d'argent aurifère par 100 kilogrammes, dans la troisième ceux qui en renferment moins de 500 grammes. On voit que l'argent aurifère contient notablement plus d'or que d'argent. La proportion de tellure s'élève souvent à 4 et même 5 p. 100, et on l'extrait avec grand profit lorsqu'on trouve à le vendre.

Actuellement, on traite de 1.400 à 1.600 tonnes de minerais ou de schlichs par an ; leur teneur moyenne est de 26 à 30 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes, et on en retire environ 220 kilogrammes d'or et 230 kilogrammes d'argent.

Achat des minerais. — On estime, d'après les essais

que l'on a faits, la valeur brute des minerais. On déduit du prix obtenu :

1° La perte en argent, éprouvée pendant le traitement, estimée en moyenne à 1,5 p. 100.

2° La perte en or. Elle augmente à mesure que la teneur et le rendement en matte diminuent. Si on considère des minerais rendant

de 0 à 9 p. 100 jusqu'à 55 à 59 p. 100 de matte

et tenant :

de 0 à 1 gr. jusqu'à 90 à 135 gr. d'or par 100 kilog.

la perte en or variera de

de 12 p. 100 à 1,5 p. 100.

Des tableaux dressés par expérience donnent cette perte pour tous les cas intermédiaires.

Les pertes sur les minerais et les produits plombeux varient d'une manière analogue.

3° Les frais de séparation de l'or et de l'argent qui, pour 1 kilogramme d'argent aurifère, sont estimé à 2f,50, plus 1/2 p. 100 de la valeur de l'or.

4° Les frais d'essai, qui s'élèvent aux valeurs suivantes : 5 francs à 32f,50 pour argent et or, 7f,50 pour cuivre, 6 francs pour plomb, 5 francs pour matte.

5° Les frais généraux, de direction, etc., estimés à 1,7 p. 100 de la valeur brute des minerais.

6° Les frais spéciaux de traitement. Ils varient de la manière suivante. Pour 100 kilogrammes de minerais ou de schlichs rendant

de 0 à 9 p. 100 jusqu'à 55 à 59 p. 100 de matte

et tenant de :

0 à 13 gr. jusqu'à 357 à 477 gr. d'argent aurifère,

les frais de traitement varient

de 7f,10 à 17f,15.

Des tableaux dressés par expérience donnent ces frais pour les teneurs intermédiaires.

On obtient ainsi la valeur réelle des minerais qui est payée aux vendeurs.

ANCIENNE MÉTHODE DE TRAITEMENT.

Il ne sera pas inutile de rappeler ici quelle était la méthode de traitement suivie jusqu'à ces dernières années. La supériorité du procédé actuel n'en ressortira que mieux.

La composition des minerais a peu changé, les minerais traités autrefois tenaient peut-être un peu plus de galène et de pyrite de cuivre, un peu moins de quartz et de fer. Il était cependant inutile de tenir compte du cuivre et du plomb dans la composition des lits de fusion. Le cuivre se rassemblait pendant la série des opérations, et on en produisait annuellement 5 tonnes; le traitement à part des matières cuprifères était rare et ne s'étendait qu'à de faibles quantités.

On faisait les opérations suivantes :

A. Extraction de l'or et de l'argent.

a. *Concentration de l'or et de l'argent.*

1° Grillage des schlichs pauvres en tas. Ce grillage était irrégulier et insuffisant.

2° Fusion du produit obtenu avec des scories de la fonte d'enrichissement et de la fonte plombeuse, qui tiennent une certaine proportion de métaux précieux, pour *matte* et pour *scories* à rejeter. On opérait cette fusion dans deux fours à cuve. L'air était fourni par une soufflerie hydraulique (*Wasserschnecke*), ne donnant qu'une faible pression.

3° Grillage en tas libres (*Freihaufen*) et à quatre feux de la matte obtenue.

4° Fusion de la matte grillée avec des schlichs et des minerais crus riches, avec addition de scories de la fonte plombeuse, pour *matte enrichie* et *scories*. On obtenait environ 50 p. 100 de matte. Une partie des scories était rejetée; l'autre repassait à la fonte précédente.[1]

5° Grillage en tas libres et à quatre feux de la matte précédente.

b. *Extraction de l'or et de l'argent par le plomb.*

6° Fusion de la matte enrichie grillée, avec addition de schlichs et de minerais riches, de minerais et de produits plombeux. On obtenait du *plomb riche*, 30 p. 100 de *matte pauvre*, et des *scories* repassant aux fusions précédentes. On se servait, pour cette fusion, de deux fours à cuve soufflés comme ceux des fusions précédentes.

7° La matte appauvrie était grillée, et on lui faisait subir de nouveau la fusion dans la même opération n° 6. On répétait plusieurs fois ce traitement. Le cuivre se concentrait, et on s'arrêtait lorsqu'on obtenait une matte en tenant environ 20 p. 100.

c. *Séparation de l'or et de l'argent du plomb.*

8° Le plomb riche obtenu était coupellé. On s'arrêtait à l'éclat noir (*schwarzes Blick*), en laissant le gâteau obtenu dans le four, et après plusieurs opérations, on coupellait jusqu'à l'éclat blanc (*weisses Blick*). L'argent aurifère était livré aux monnaies. Les produits plombeux allaient à la fonte n° 6.

B. **Extraction du cuivre.**

9° On grillait en tas, à mort, à 8 feux, la matte de la fonte plombeuse, enrichie en cuivre.

10° Le produit du grillage était fondu avec addition de scories de la fonte n° 2, pour cuivre noir, dans un four à manche.

11° Le cuivre noir était grenaillé et broyé.

12° La poussière obtenue était soumise à un grillage chlorurant dans un four à réverbère.

13° Le produit chloruré était traité par amalgamation. L'amalgame était distillé. On estimait les pertes en or et en argent respectivement à 8 p. 100 et 28 p. 100 des quantités contenues dans la matte.

14° Le résidu de l'opération était fondu pour cuivre noir dans un four à manche.

15° Le cuivre noir était affiné.

16° Le cuivre affiné était converti en cuivre rosette. Ce dernier produit était de mauvaise qualité.

La durée totale des opérations était de neuf mois.

On a cherché à obtenir une concentration plus rapide et plus complète de l'or et de l'argent, et en même temps moins coûteuse. On a évité la production de ces nombreuses mattes, obtenues par des fusions toujours accompagnées de fortes pertes de plomb. L'extraction du cuivre a été considérablement simplifiée, et on a eu un produit très satisfaisant.

La méthode actuelle est une méthode mixte, une combinaison ingénieuse de la voie sèche et de la voix humide.

On utilise complètement les minerais, et on obtient des produits accessoires auxquels on ne pouvait songer avec l'ancienne méthode.

NOUVELLE MÉTHODE DE TRAITEMENT.

La nouvelle méthode comprend la série d'opérations suivantes :

A. **Extraction de l'or et de l'argent.**

a. *Concentration de l'or et de l'argent.*

1° Grillage de la plus grande partie des schlichs dans des fours. L'acide sulfureux dégagé est utilisé à la fabrication de l'acide sulfurique et du soufre. Grillage en tas de l'autre partie des schlichs, sauf une faible quantité qu'on ne grille pas.

2° Fusion des schlichs grillés, avec addition de minerais pauvres, de scories de la fonte plombeuse, de débris de fours, pour matte crue et pour scories à rejeter. C'est la fonte crue (*Rohschmelzung*).

3° Pulvérisation de la plus grande partie de la matte crue.

4° Attaque de la matte pulvérisée par l'acide sulfurique étendu. On obtient du sulfate de fer, que l'on fait cristalliser, et de l'acide sulfhydrique qui, par réaction sur une partie de l'acide sulfureux produit dans le grillage en fours, donne du soufre.

5° Grillage en tas de l'autre partie de la matte crue.

b. *Extraction de l'or et de l'argent par le plomb.*

6° Le résidu de l'attaque de la matte et le produit du grillage précédent sont fondus avec des schlichs et des minerais crus riches, des schlichs grillés pauvres, des minerais et des produits plombeux, du plomb métallique, des scories de l'opération même. C'est la fonte plombeuse riche (*Reichverbleiung*). On obtient du plomb riche, une matte et des scories.

7° Le plomb riche est coupellé.

B. **Extraction du cuivre.**

8° La matte de la fonte riche, où s'est réuni le cuivre, est pulvérisée et traitée par l'acide sulfurique étendu,

comme la matte crue. On obtient les mêmes produits. Le cuivre reste à peu près complètement dans le résidu.

9° Ce résidu repasse à la fonte riche. Tout le cuivre du lit de fusion se rassemble dans la matte, qui en contient plus que la précédente. On répète sur cette matte le même traitement, et on continue jusqu'à ce qu'on obtienne une matte dite *cuivreuse*, tenant au moins 20 p. 100 de cuivre.

10° La matte cuivreuse est traitée par l'acide sulfurique étendu, comme précédemment. Le résidu est soumis à l'action de l'acide sulfurique concentré dans une chaudière en fonte. Le cuivre se dissout, ainsi qu'un peu d'argent. On précipite l'argent par du cuivre. On fait cristalliser le sulfate de cuivre, ou bien :

11° On précipite le cuivre par le fer.

C. **Produits accessoires.**

1° Extraction du tellure par la méthode de Löwe. On ne traite dans ce but que certains minerais spéciaux de Nagyag.

2° Fabrication de l'acide sulfurique étendu et concentré.

3° Fabrication du soufre au moyen de l'acide sulfhydrique provenant de l'attaque des mattes, et d'une partie de l'acide sulfureux produit par le grillage en fours.

On fabrique, en outre, l'acide azotique nécessaire à la production de l'acide sulfurique, et le soufre obtenu est en grande partie converti en sulfure de carbone.

Examinons en détail ces diverses opérations.

A. **Extraction de l'or et de l'argent.**

1° *Grillage des schlichs.* — Le grillage a pour but de transformer le sulfure de fer des schlichs en oxyde, qui, avec le quartz, formera une scorie dans la fonte crue.

Une partie des schlichs est grillée dans des fours, une seconde partie est grillée en tas, une troisième partie n'est pas grillée. Les fours, dans lesquels l'opération est très régulière et très économique, permettent l'utilisation de l'acide sulfureux, mais ils ne donnent que du menu; le produit grillé, qui est encore plus fin que le schlich cru, passe directement à la fonte crue. Le lit de fusion de la fonte crue, au moment où on a commencé à appliquer la nouvelle méthode, était composé ainsi :

Schlichs grillés.	70 p. 100
Scories de l'opération même. . . .	24
Calcaire.	6
Total.	100

Il y avait danc dans les fours 70 p. 100 de menus et 30 p. 100 de gros. L'air et les gaz de la combustion circulaient très difficilement; s'ils rencontraient en un point un peu moins de résistance, ils s'y précipitaient et entraînaient le menu. On recueillait dans les chambres, placées à la suite des fours, de 8 à 12 p. 100 de poussières.

Pour remédier à ce grave inconvénient, on a eu l'idée de griller une partie des schlichs en tas. On laisse assez de soufre pour obtenir une agglomération, en réalisant une température suffisante pour fondre les sulfures qui restent à la fin du grillage.

On grille en tas les schlichs demi-riches; les pertes en métaux précieux, qui sont d'ailleurs négligeables, sont, en tous cas, encore plus faibles que dans les fours.

Enfin, bien que le grillage laisse une assez forte proportion de soufre dans les schlichs, il est nécessaire d'ajouter, à la fonte crue, des schlichs non grillés, pour avoir une quantité de matte suffisante.

On ne grille jamais les minerais tellureux riches de Nagyag. C'est parfaitement inutile, puisqu'on n'en a que

de très faibles quantités. De plus, il serait très difficile d'éviter l'entraînement de l'argent et surtout de l'or sous l'influence du tellure, et des traces d'antimoine et d'arsenic qui l'accompagnent ordinairement.

I. **Fours de grillage.** — Les fours de grillage sont des fours à tablettes de Bode.

Ils ont intérieurement 2 mètres de longeur et 1 mètre de largeur. Chaque four a cinq tablettes ; elles sont en maçonnerie réfractaire, sauf la tablette inférieure, qui est en tôle. Les tablettes en maçonnerie ont 10 centimètres d'épaisseur et sont séparées par des intervalles de 12 centimètres. Elles laissent, vers une de leurs extrémités, un passage de $0^{m},32$ pour la descente du schlich et la circulation des gaz. On introduit la matière par une ouverture munie d'une garniture métallique; de petites portes permettent de la remuer au moyen de crochets et de râbles, et de la faire descendre d'une tablette sur la suivante.

La tablette inférieure est percée d'une ouverture fermée par une trappe, que l'on ouvre pour l'enlèvement du produit grillé.

Les gaz arrivent, par un grand conduit, dans une chambre en maçonnerie où les poussières entraînées peuvent se déposer, puis se rendent dans les chambres de plomb ou dans les « tours à soufre ». Le tirage est réglé pour chaque four par un registre.

On emploie cinq fours : deux d'entre eux ont sept tablettes au lieu de cinq, et leur production est un peu plus forte.

On réduit la teneur en soufre de 40 p. 100 à 6 ou 8 p. 100. Il suffit alors d'avoir une température modérée, et on n'a à redouter aucune agglomération de la matière. Il serait inutile d'aller plus loin, puisqu'on doit déjà introduire des schlichs crus dans le lit de fusion de la fonte crue. L'opération marche alors très facilement.

On compte, comme frais de grillage par tonne de schlichs, 2f,10 de main-d'œuvre et 0f,50 d'entretien des appareils.

II. **Grillage en tas.** — Le grillage en tas ne présente rien de particulier; on ne cherche pas à le rendre complet et on ne fait que deux ou trois feux.

2° *Fonte crue.* — On scorifie, dans la fonte crue, le quartz et le fer, et on produit une matte en quantité suffisante pour que les métaux à extraire n'aient pas de tendance à passer dans la scorie. J'ai parlé plus haut des difficultés qu'on avait rencontrées dans cette opération, au moment de l'emploi des fours de grillage, et qui ont nécessité la conservation du grillage en tas pour une partie des schlichs. On a encore augmenté la proportion de gros, dans le lit de fusion, par l'addition de débris de fours, de crasses (rejetés lorsque fonctionnait encore l'ancienne méthode) et de scories de la fonte riche en fortes proportions.

On emploie pour cette fusion deux fours très anciens, groupés dans un même massif, qui servaient déjà dans l'ancienne méthode. Ils sont cylindriques sur une hauteur de 3m,94 à partir du gueulard, avec un diamètre de 95 centimètres, puis ils s'évasent légèrement, et le diamètre est à la base de 1m,08. Ils sont munis de deux tuyères, diamétralement opposées, et situées à 1m,54 au-dessus du fond. On souffle à une pression de 2 à 3 centimètres de mercure, au moyen d'une soufflerie hydraulique, et on lance environ 11 mètres cubes d'air par minute.

A la suite des fours se trouvent des carneaux qui aboutissent à une cheminée commune et où les gaz circulent en déposant la plus grande partie des matières qu'ils entraînent.

On obtient une marche satisfaisante; mais il n'y a pas

lieu de discuter la valeur de ces appareils, qui n'ont pas été faits en vue de leur emploi actuel.

Les scories sont coulées directement et rejetées. La matte est conduite dans des bassins extérieurs d'où on la retire par disques successifs.

La composition actuelle du lit de fusion est la suivante :

Schlichs grillés.	40	ou 29,41 p. 100
Schlichs demi-riches, grillés en tas. . .	28	20,59
Schlichs pauvres.	4	2,94
Débris de soles, etc.	8	5,88
Crasses (*Krätze*).	8	5,88
Scories de la fonte plombeuse.	48	35,30
Total.	136	100,00

Voici les résultats d'une campagne faite en 1882, qui a duré 28 jours. On a passé 340 tonnes de lit de fusion. On a obtenu $95^{t},50$ de matte, ou 28,15 p. 100, et $244^{t},5$ de scories. On a consommé 4.200 hectolitres de charbon de bois, soit $12^{hect},35$ par tonne de lit de fusion, ou $23^{hect},33$ par tonne de schlichs crus et grillés. On emploie par four 8 hommes par 24 heures en deux postes de 12 heures.

La matte contient 55 à 65 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes. Voici, d'ailleurs, l'analyse d'un échantillon dans lequel cette teneur est au-dessous de la moyenne, mais qui a néanmoins la composition générale habituelle :

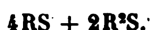
Soufre.	28,694
Fer.	69,639
Cuivre.	0,571
Zinc.	0,000
Arsenic..	traces
Argent et or.	0,039
Silice..	0,300

Si on ne considère que les éléments principaux, le soufre, le fer et le cuivre, et qu'on suppose le cuivre

à l'état de protosulfure Cu^2S, le fer à l'état de protosulfure FeS et de sous-sulfure Fe^2S, on trouve la composition suivante :

FeS	54,644
Fe^2S	44,731
Cu^2S	0,715

et on est conduit à la formule chimique très simple :



$$4RS + 2R^2S.$$

Voici la composition des scories :

Silice	50,45
Oxyde de fer	34,83
Chaux	8,26
Alumine	3,40
Magnésie	traces
Soufre	0,66

Le soufre peut être attribué à une petite quantité de matte disséminée dans la scorie, de même que la silice trouvée dans la matte peut être attribuée à la présence d'une petite quantité de scories. Ces scories sont très acides ; elles sont comprises entre les bisilicates et les trisilicates. Leur rapport d'acidité est $\frac{2,3}{1}$. Mais, comme elles ne contiennent que peu d'alumine, elles sont néanmoins assez fusibles. Leur poids spécifique est 2,562.

3° *Pulvérisation de la matte crue.* — La pulvérisation se fait à sec, dans un moulin à boulets, fabriqué par Sachsenberg et W. Brückner, en Westphalie. Il consiste en un cylindre terminé par deux troncs de cône et mobile autour de son axe, qui est horizontal.

A l'intérieur se trouvent trois séries de boulets de grosseurs différentes.

Le produit broyé passe à travers de petits trous ménagés dans la paroi. Il tombe sur une plaque percée de trous plus petits. Tout ce qui passe dans ces trous est suffisamment fin et sort. Le reste est réintroduit automatiquement.

Cet appareil donne d'excellents résultats. Il faut pour le mouvoir une force de 3 à 5 chevaux, qui est fournie par une roue hydraulique ou par une machine à vapeur lorsque l'eau manque.

4° *Attaque de la matte crue par l'acide sulfurique.* — On traite la matte crue ainsi que la matte de la fonte plombeuse par l'acide sulfurique étendu, dans 6 cuves identiques. La *fig.* 10, Pl. XII, représente la coupe verticale de l'une d'elles.

Elles sont en bois, doublées de plomb, mais entre la doublure en plomb et le bois, il y a un certain intervalle, dans lequel on peut faire circuler de la vapeur à basse pression. La section est carrée et a $1^m,05$ de côté; la hauteur est de 2 mètres. A l'intérieur se meut un agitateur mécanique d'axe *ab*; *d* est une ouverture munie d'un tuyau de plomb descendant jusque dans le liquide qui remplit l'appareil lorsqu'il fonctionne; ce tuyau sert à introduire la matte pulvérisée; *c* est le tuyau de dégagement de l'acide sulfhydrique produit. Enfin *e* est une ouverture fermée hydrauliquement, qui a le but suivant. Quelquefois, le manque d'acide sulfureux ne permet pas d'utiliser tout l'acide sulfhydrique dont on dispose à la production du soufre. On doit alors l'abandonner. Mais avant de l'envoyer dans l'atmosphère, on le brûle au moyen de grilles à gaz pour le transformer en acide sulfureux, qui est moins nuisible, et en vapeur d'eau. Au moment où on l'enflamme, comme il forme avec l'air un mélange détonant, il faut être sûr que les appareils ne contiennent bien que de l'acide sulfhydrique. On

laisse, à cet effet, le gaz se dégager par l'ouverture *e* que l'on ouvre pour la fermer ensuite quand l'air a été totalement entraîné. Une ouverture, placée à la partie inférieure, sert à retirer la matte attaquée.

Une opération dure 36 heures. On introduit de l'acide sulfurique à 20 ou 22° Baumé au plus, de manière à remplir le vase presque complètement. On ajoute ensuite progressivement, en 12 heures, 400 kilogrammes de matte, en faisant mouvoir l'agitateur, et en chauffant à la vapeur. On continue l'agitation encore pendant 12 heures. Puis on laisse reposer pendant 6 heures. Alors, on décante le liquide, on enlève le résidu solide, on introduit de l'acide sulfurique pour l'opération suivante, ce qui prend encore 6 heures.

On voit qu'avec les six appareils, on traitera 1.600 kilogrammes de matte par 24 heures; on emploie, pendant le même temps, 15 hommes pour toutes les manipulations. On consomme par tonne de matte 1^{t},680 d'acide sulfurique à 50° Baumé, valant 47^{f},75; on compte 13^{f},70 de main-d'œuvre, et avec les frais d'entretien et d'usure des appareils, on estime que l'opération revient à 75 francs.

La matte pauvre perd environ la moitié de son fer, et une proportion correspondante de soufre; elle laisse un résidu de 25 p. 100, où se concentrent l'or et l'argent, ainsi que le cuivre. Il renferme 180 à 250 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes, 3,5 p. 100 de cuivre, et seulement 36 p. 100 de fer, entièrement à l'état de protosulfure.

Les dissolutions de sulfate de fer décantées sont introduites dans des cuves semblables aux cuves d'attaque, chauffées comme elles, mais sans agitateurs, où elles se clarifient; puis, encore chaudes, elles traversent de bas en haut un filtre, qu'elles baignent complètement, ce qui évite la formation de cristaux sur le filtre, et passent

dans des cristallisoirs formés de cuves en bois doublées de plomb, ayant 1^{m},50 de longueur, 1^{m},25 de largeur et 0^{m},80 de profondeur. Ces cuves, au nombre de quarante, servent aussi à la cristallisation du sulfate de cuivre provenant des mattes cuivreuses.

5° *Grillage en tas d'une partie de la matte crue.* — La partie de la matte crue qui n'est pas traitée par l'acide sulfurique est soumise à un grillage en tas, qui a le même but que le grillage en tas des schlichs. De plus, on introduit, par ce grillage une quantité plus considérable de bases dans le lit de fusion de la fonte plombeuse, auquel on est obligé d'ajouter en outre des schlichs grillés pauvres pour scorifier le quartz. Les résidus d'attaque des mattes ne contiennent, en effet, que des sulfures et des sulfates, et il importe de ne pas avoir des scories trop acides qui pourraient s'emparer du plomb.

Le grillage se fait à trois ou quatre feux.

6° *Fonte plombeuse.* — Les résidus d'attaque des diverses mattes sont fondus avec des minerais crus riches et des minerais pauvres grillés, au contact de matières plombeuses. Il se produit du plomb, qui s'empare de la plus grande partie de l'or et de l'argent, une matte où passe le cuivre, et qui est aussi très riche en or et en argent, et des scories riches. On se sert de deux anciens fours, semblables à ceux de la fonte crue, mais plus petits. Ils sont cylindriques à partir du gueulard, sur 2^{m},57 de hauteur, avec un diamètre de 0^{m},95, puis ils s'évasent un peu jusqu'en bas, où le diamètre est de 1 mètre. Ils sont munis de deux tuyères, situées à 1^{m},42 au dessus du fond, et diamétralement opposées. Ils sont soufflés par la même machine que les fours de la fonte crue à une pression de 2 ou 3 centimètres de mercure ; le volume d'air lancé est très faible et ne dépasse pas 6 mètres cubes par minute.

Les deux fours sont suivis de carneaux, comme ceux de la fonte crue, pour permettre aux matières entraînées de se déposer.

Le lit de fusion, par suite de la diversité des matières à fondre, est compliqué. Voici sa composition centésimale dans une campagne de 1882 :

Schlichs grillés pauvres	12,46 p. 100
Schlichs plus riches, demi-grillés	7,47
Schlichs demi-riches	0,75
Schlichs riches	1,49
Minerai tellureux n° 1	0,23
Minerai tellureux n° 2	0,15
Minerai de plomb	0,05
Matte crue grillée	17,64
Résidu de la matte de l'opération même, traitée par l'acide sulfurique étendu	5,23
Résidu de la matte crue traitée par l'acide sulfurique étendu	5,03
Résidu de la matte cuivreuse traitée par l'acide sulfurique concentré	2,00
Abstrits	2,74
Litharges	7,65
Débris de soles	1,49
Plomb pauvre	3,74
Crasses (*Krätze*)	7,47
Scories de l'opération même	24,41
Total	100,00

On a passé dans cette campagne, qui a duré 28 jours, 440 tonnes de lit de fusion, et on a produit 43^{t},70 de plomb riche, 118^{t},3 de matte, et 278 tonnes de scories. On a consommé 6.200 hectolitres de charbon de bois. On emploie 8 hommes par 24 heures et par four; ces chiffres correspondent, par tonne de lit de fusion, à des consommations de 14^{hect},09 de charbon de bois et de 1^{j},02 de main-d'œuvre.

La matte obtenue tient de 80 à 90 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes ; mais cet argent aurifère

ne renferme que 1,2 à 1,4 p. 100 d'or, tandis que l'argent aurifère contenu dans le plomb riche en renferme de 40 à 50 p. 100. L'argent a donc beaucoup plus de tendance que l'or à se sulfurer, et il est beaucoup plus difficile à extraire au moyen du plomb. Le cuivre passe presque totalement dans la matte ; il en reste à peine quelques traces dans les scories. Mais il se forme aussi une forte proportion de sulfure de plomb, qui rend plus tard l'attaque de la matte par l'acide sulfurique étendu très incomplète, en donnant naissance à du sulfate qui protège les parties intactes. On trouve aussi dans la matte des traces d'arsenic et d'antimoine, provenant des schlichs qui en renferment de faibles quantités. Voici d'ailleurs une analyse complète :

Soufre	25,957
Fer	52,487
Plomb	9,900
Cuivre	9,480
Zinc	traces
Arsenic, antimoine	traces
Argent et or	0,080
Silice	0,250

Si on ne considère que les éléments essentiels, le soufre, le fer, le cuivre et le plomb, on trouve la composition suivante :

Sous-sulfure de fer Fe^2S	34,373
Protosulfure de fer FeS	42,302
Protosulfure de cuivre Cu^2S	12,136
Sulfure de plomb	11,189

On peut lui donner la formule :



$$3R^2S + 5RS.$$

Elle est un peu moins sulfurée que la matte crue.

Les scories sont moins acides que celles de la fonte crue ; elles sont comprises entre les sesquisilicates et les

bisilicates ; il ne faut pas, en effet, qu'elles s'emparent de l'oxyde de plomb. En voici une analyse :

Silice.	42,54
Oxyde de fer.	38,23
Chaux.	10,57
Alumine.	3,54
Magnésie.	traces
Plomb.	0,34
Soufre.	0,98

Leur rapport d'acidité est $\frac{1,86}{1}$. Leur poids spécifique est 3,366. Elles tiennent, par 100 kilogrammes, 2 grammes et plus d'argent aurifère. Elles repassent intégralement dans le traitement, en partie à la fonte crue, en partie à la fonte plombeuse elle-même.

7° *Coupellation du plomb riche.* — Le plomb riche fourni par la fonte plombeuse passe à la coupellation. Il contient au moins 500 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes. La coupelle est elliptique, les axes de l'ellipse ayant environ $2^m,50$ et $1^m,50$ de longueur. Le vent est lancé par trois tuyères. On traite 4 tonnes de plomb dans une opération qui dure 36 heures. L'argent aurifère brut obtenu renferme 96 p. 100 d'argent et d'or, comprenant en moyenne 42 p. 100 d'argent, 54 p. 100 d'or.

Les produits plombeux passent à la fonte riche, et par suite de la pauvreté des minerais en plomb, on doit même ajouter du plomb métallique au lit de fusion, comme on l'a vu plus haut. On compte que, pour que cette fusion marche bien, il faut avoir 250 kilogrammes de plomb pour un kilogramme d'argent aurifère.

Le tableau suivant donne les quantités d'argent aurifère, d'or, de plomb, contenus dans les abstrichs, les litharges, et les soles du four de coupelle.

	Argent aurifère. par 100 kilog.	Or dans 1 kilog. d'argent aurifère.	Plomb.
Abstrichs.	24 gr.	0k,480	76 p. 100.
Litharges.	7	0 ,192	85
Soles.	16 à 20	0 ,289	67

On ne fait pas subir de raffinage à l'argent aurifère brut, et on n'effectue pas la séparation de l'or et de l'argent. On l'envoie directement aux monnaies.

B. Extraction du cuivre.

8° *Pulvérisation et attaque par l'acide sulfurique étendu de la matte de la fonte plombeuse.* — La matte de la fonte plombeuse est pulvérisée et attaquée par l'acide sulfurique étendu comme la matte crue, et dans les mêmes appareils. Le cuivre reste dans le résidu ; il en est de même du plomb, transformé au moins partiellement en sulfate, qui gêne l'action de l'acide sulfurique.

Le fer est en grande partie enlevé. Voici les résultats d'une analyse de ce résidu.

Cuivre.	16,58
Plomb.	26,53
Fer.	14,28
Soufre.	16 à 19
Argent et or.	250 à 300 gr. p. 100 kilog.

et 120 gr. or dans 1 kilog. d'argent aurifère.

9° Le résidu repasse à la fonte plombeuse. Le cuivre se concentre encore dans la nouvelle matte, qui par suite en renferme plus que la précédente. Cette nouvelle matte subit le même traitement. On obtient une troisième matte qui tient de 20 à 25 p. 100 de cuivre. Si elle n'a pas cette teneur, on répétera encore une fois le traitement. Une matte à 20 où 25 p. 100 de cuivre est dite *matte cuivreuse.*

10° *Traitement de la matte cuivreuse.* — La matte

cuivreuse est d'abord traitée comme les mattes précédentes, par l'acide sulfurique étendu dans les appareils décrits.

Le résidu est introduit dans une chaudière hémisphérique en fonte de 1 mètre de diamètre, et très épaisse. On ajoute de l'acide sulfurique à 66° Baumé, et on chauffe. L'attaque est complète. Après 12 heures, on fait passer le liquide dans une cuve en bois doublée de plomb. On laisse reposer, en plongeant dans la dissolution des lames de cuivre pour précipiter le peu d'argent qui a pu être dissout. Puis on décante la liqueur claire, et on la fait passer dans des cristallisoirs où on recueille le sulfate de cuivre qui s'est formé.

Le résidu est lavé à l'eau, et les eaux de lavage sont ordinairement traitées pour cuivre de cément. Il en est souvent de même de la dissolution précédente de sulfate de cuivre.

Le sulfate de cuivre que l'on obtient est très impur. Il contient beaucoup de sulfate de fer, comme le montre l'analyse suivante :

Oxyde de cuivre.	17,83
Oxyde de fer.	14,63
Acide sulfurique.	34,99
Eau.	33,09

C'est ainsi qu'il est vendu. On a essayé de le purifier, en lui faisant subir une calcination modérée, de manière à décomposer le sulfate de fer qu'il renferme. Mais il est très difficile de bien conduire l'opération en grand. Le produit de la calcination est repris par l'eau, et par une nouvelle cristallisation on obtient un sel à peu près pur. Ce procédé, qu'on avait abandonné, a donné lieu récemment à des essais qui ont été satisfaisants. L'analyse suivante du sulfate obtenu permet de juger de sa valeur :

Oxyde de cuivre	31,31
Protoxyde de fer	0,174
Sesquioxyde de fer	0,226
Acide sulfurique	35,88
Eau	31,876

La production de sulfate de cuivre, pur ou impur, n'est que de quelques tonnes par an.

Le résidu de l'attaque de la matte cuivreuse par l'acide sulfurique contient de 300 à 400 grammes d'argent aurifère par 100 kilogrammes; il renferme beaucoup de plomb à l'état de sulfate, et une forte proportion de cuivre, comme le montrent les chiffres suivants :

Plomb	37,97 p. 100
Cuivre	25,75
Fer	5,10
Soufre	16,74

Il entre dans le lit de fusion de la fonte plombeuse.

11° *Précipitation du cuivre.*—On précipite le cuivre par le fer dans un appareil continu, imaginé par M. Hauch, et représenté par la Pl. XII, *fig.* 11 à 16.

Il a pour but de réaliser une précipitation méthodique et complète en réduisant au minimum la consommation de fer.

Il se compose de cinq vases cylindriques, 1, 2, 3, 4, 5, de $0^m,79$ de diamètre sur $0^m,79$ de hauteur, à axe horizontal, muni de cercles en fer, ou mieux en cuivre, calés avec des coins en bois. Les parois sont en bois et ont $0^m,08$ d'épaisseur; à l'intérieur se trouvent des cannelures, *c*, *c*, *c*, destinées à favoriser l'agitation du fer dans la dissolution. Les deux fonds sont percés d'ouvertures centrales O, O, de $0^m,263$ de diamètre (*fig.* 14, 15, 16).

Chaque vase repose sur quatre galets *p*, de $0^m,237$ de diamètre. Tous les galets situés d'un même côté sont montés sur un même axe, mû par une machine à vapeur

ou par une roue hydraulique, et fous sur lui, de sorte qu'ils ne sont entraînés et par suite n'entraînent par adhérence les cylindres correspondants, que lorsque les manchons d'embrayage *m* (*fig.* 13) sont en prise, et qu'on peut obtenir à volonté la rotation d'un cylindre quelconque, ou le laisser en repos. Les galets situés de l'autre côté ont des axes indépendants.

Voici comment fonctionne l'appareil : on a reconnu qu'il était suffisant de laisser la dissolution de cuivre en contact avec le fer pendant 2 heures. Je suppose que 5 soit en repos ; on le vide pour le nettoyer après 2 heures de marche ; le fer qu'on y avait introduit a été totalement consommé. A ce moment, 1 a fonctionné pendant 1 heure et demie, 2 pendant 1 heure, 3 pendant une demi-heure, et on vient d'introduire du fer dans 4. On amène la dissolution de cuivre dans 1 d'une manière continue ; elle passe également d'une manière continue de 1 dans 2, puis dans 3, puis dans 4. Elle sort de 4 épuisée, et est envoyée dans un bassin où on la rassemble et où se dépose le cuivre précipité qu'elle entraîne en suspension.

Après une demi-heure, le fer contenu dans 1 sera totalement dissout ; on arrêtera, pour nettoyer et réintroduire du fer et on mettra 5 en mouvement ; on voit que 2, 3, 4, 5 se comporteront alors comme 1, 2, 3, 4 pendant la demi-heure précédente. On continuera pendant la demi-heure suivante avec 3, 4, 5 et 1 et ainsi de suite. On aura toujours 4 appareils en mouvement, pendant qu'on nettoiera le cinquième et qu'on y introduira du fer. La dissolution fraîche arrivera dans l'appareil qui contient le moins de fer et passera en dernier lieu dans celui qui en contient le plus.

Un conduit A (*fig.* 11) amène la dissolution fraîche, et des conduits transversaux *t* permettent de l'introduire par l'ouverture O dans le vase où elle doit arriver. On

dirige la circulation du liquide dans ces canaux et les suivants au moyen de petites vannes.

On fait passer la dissolution d'un vase dans l'autre au moyen du petit appareil $\alpha\beta\gamma\delta$ (*fig.* 15) (*Schöpfsegment*) qui est entraîné par le vase auquel il est relié dans son mouvement de rotation ; le liquide débouche par les ouvertures α et γ dans le canal R qui va au vase suivant. Pour les deux vases extrêmes, le conduit R est remplacé par les deux conduits *t*, *t* correspondants, et par le canal B qui les réunit. La dissolution épuisée est amenée du vase d'où elle sort par le conduit *t* de ce vase, dans le conduit C.

Les vases sont munis, pour le nettoyage, d'une ouverture E, qui permet de faire écouler leur contenu dans un récipient placé en F, dans de petites fosses ménagées à cet effet. Les conduits R sont mobiles pour faciliter cette opération ; ils reposent sur des supports *f*.

Le plan général de l'appareil (*fig.* 11) le représente au moment où on vide le 4e vase ; les vases 5, 1, 2, 3 contiennent des proportions décroissantes de fer. La dissolution fraîche arrive par les conduits A, t_4, R_5 dans le 5e vase, et passe successivement dans les autres par les conduits t_5, B, *b*, R_1, R_2, R_3, puis elle sort définitivement par les conduits t_3 et C.

On obtient avec cet appareil de très bons résultats au point de vue de la consommatiou du fer (*).

C. **Produits accessoires.**

La fabrication des produits accessoires constitue un des principaux avantages de la nouvelle méthode de traitement.

(*) On a réduit aujourd'hui cet appareil, en ne conservant qu'un seul des cinq cylindres.

1° *Extraction du tellure.*—On extrait le tellure de certains minerais de Nagyag et d'Offenbanya, qui en contiennent de 1 à 5 p. 100. On emploie la méthode donnée par Löwe en 1853 (*Journal für praktische Chemie*, LX, p. 183).

On traite le minerai, dans une chaudière en fonte, par de l'acide sulfurique concentré. On commence par remplir la chaudière d'acide sulfurique, puis on ajoute progressivement le minerai, en chauffant au moyen d'un courant de vapeur d'eau. On couvre la chaudière d'un couvercle en plomb, muni de deux ouvertures, dont l'une porte un tuyau qui conduit les vapeurs et les gaz dégagés dans l'atmosphère, et dont l'autre sert d'ouverture de travail. On continue l'opération jusqu'à ce qu'il ne se dégage plus que des vapeurs d'acide sulfurique. L'attaque est alors terminée.

On fait passer le liquide dans une cuve en bois doublée de plomb. On étend avec de l'eau renfermant de l'acide chlorhydrique. On évite ainsi la précipitation de composés tellureux, et on précipite l'argent dissout. On laisse reposer; quand la dissolution est bien claire, on la décante dans une deuxième cuve en bois doublée de plomb, et on y plonge des lames de zinc. Le tellure se précipite sous la forme d'une poudre noire.

Il est recueillli ; on le lave à l'eau chaude, puis à l'eau chargée d'acide chlorhydrique, et finalement encore à l'eau chaude. Ensuite on le sèche.

On obtient ainsi du tellure brut, qui contient 75 p. 100 de tellure, 20 à 25 p. 100 de cuivre, un peu d'antimoine, d'arsenic et de fer.

L'or et l'argent restent dans les résidus de l'opération, qui passent à la fonte plombeuse.

On extrait par an au plus 100 à 150 kilogrammes de tellure brut, vendu de 100 à 125 francs le kilogramme. La production est souvent très faible; actuellement elle

est nulle, car vu le peu d'usages de ce corps, on ne trouve que difficilement à le vendre (*).

(*) M. Hauch a donné une méthode d'extraction du tellure très économique, mais qui nécessite la présence dans les minerais d'une assez forte proportion de composés manganésés, et un grillage qu'il est difficile d'effectuer sans éprouver des pertes sur les métaux précieux.

Au moment où il a fait ses essais, les minerais tellureux avaient la composition suivante :

Quartz.	30 à 40 p. 100
Carbonate de chaux.	10 à 20
Carbonate de manganèse. . . .	15 à 20
Galène.	5 à 8
Argile.	5 à 6
Blende.	1 à 4

un peu de nickel, de cobalt, d'antimoine et d'arsenic, puis le tellure, l'or et l'argent.

On fait subir aux minerais un grillage ; on chasse ainsi une partie du soufre, de l'acide carbonique, mais aussi du tellure; une grande partie de l'or combiné passe à l'état métallique. (On peut, après le grillage, retirer par amalgamation 50 p. 100 de l'or contenu.) De plus, les composés manganésés passent presque totalement à l'état d'oxydes. Le produit du grillage est traité par l'acide chlorhydrique. Il se dégage du chlore qui dissout l'or métallique. On opère dans une cuve fermée, en bois, doublée de plomb, munie d'un tuyau de dégagement pour laisser échapper le chlore en excès, et d'une ouverture pour l'introduction du minerai grillé et de l'acide chlorhydrique. Le chlore dissout en outre le tellure, et transforme l'argent en chlorure.

On ajoute de l'acide sulfurique, qui précipite le plomb et la chaux, et on laisse reposer pendant longtemps, puis on décante.

On traite la dissolution obtenue par du sulfate de fer en excès. L'or se précipite. On filtre; on traite le liquide par du zinc métallique, qui précipite le tellure, sous la forme d'une poudre noire. L'or séparé peut être purifié par fusion avec du borax et coupellé.

On lave le précipité de tellure avec de l'eau contenant de l'acide chlorhydrique. On filtre rapidement, on sèche, et on fond le précipité dans un creuset de porcelaine. On obtient du tellure brut.

Si, au lieu d'opérer ainsi, on dissout le précipité dans l'eau de chlore, et qu'on traite la dissolution par l'acide sulfu-

2° *Fabrication de l'acide sulfurique ordinaire et concentré.*—On utilise la plus grande partie de l'acide sulfureux fourni par les fours de grillage à la production de l'acide sulfurique.

On se sert de trois chambres de plomb précédées d'une chambre en maçonnerie où les gaz arrivant des fours déposent les poussières qu'ils entraînent. Il n'y a rien de particulier à signaler dans la disposition de ces chambres.

Une tonne de schlichs donne 1ᵗ,32 d'acide sulfurique, tel qu'il sort des chambres, c'est-à-dire à 50° Baumé. On emploie trois hommes par 24 heures à cette fabrication et on produit environ 3 tonnes pendant le même temps.

La production annuelle est de 1.000 tonnes.

On concentre une petite partie de cet acide à 66° Baumé. Le reste est employé dans l'usine, au traitement des mattes.

L'appareil de concentration n'a rien de spécial.

---

reux, on obtient du tellure pur, qu'on filtre, sèche et fond, comme le tellure brut. L'eau de chlore nécessaire peut être préparée en recueillant dans l'eau le chlore en excès qui se dégage lors de l'attaque du minerai grillé par l'acide chlorhydrique.

Le résidu laissé dans cette attaque contient l'argent, à l'état de chlorure, et l'or qui a échappé à l'action du chlore, ou qui reste dans le liquide imprégnant la masse. On le traite, encore humide, par une dissolution de sulfate de fer qui ramène entièrement l'or à l'état métallique. On peut ensuite en extraire l'or et l'argent par amalgamation, ou mieux par une fonte plombeuse.

On obtenait ainsi, en moyenne, 500 grammes de tellure brut pour 100 kilogrammes des minerais essayés, et 90 p. 100 des métaux précieux qu'ils contenaient.

Les minerais qui, au moment où on a fait ces essais, renfermaient 15 à 20 p. 100 de carbonate de manganèse, n'en renferment que très peu actuellement. De plus, l'acide chlorhydrique, sans valeur dans bien des cas, revient très cher à Zalathna, où on doit le transporter, tandis qu'on y produit de l'acide sulfurique; aussi préfère-t-on la méthode de Löwe.

On peut produire annuellement 100 tonnes d'acide concentré.

3° *Fabrication du soufre.* — On se sert, pour produire du soufre, de l'acide sulfhydrique dégagé dans l'attaque des mattes, et de l'acide sulfureux qui n'est pas transformé en acide sulfurique.

On avait, depuis longtemps, songé à utiliser la réaction de ces deux gaz en présence de l'eau; on était arrêté par des difficultés qui n'ont été surmontées que récemment. Le soufre formé passe, en effet, à travers tous les filtres et ne se dépose pas, même après un temps très long. De plus, il se forme une certaine quantité d'acide pentathionique qui entraîne la perte d'une quantité correspondante de soufre. Beaucoup d'inventeurs (Gossage, Luca et Ubaldini, Weldon, Rosenstiehl, etc.) ont donné des procédés restés sans résultats pratiques. Enfin, Schaffner et Helbig ont reconnu qu'une dissolution de chlorure de calcium précipite rapidement le soufre, et que en présence d'une certaine quantité d'eau il ne se produit que très peu d'acide pentathionique.

Stingl et Morawski, qui ont étudié cette réaction (*), ont reconnu que le chlorure de calcium, et en général les sels neutres, n'empêchent pas la formation de l'acide pentathionique, sur lequel leurs dissolutions sont absolument sans action. L'acide sulfhydrique ne le détruit que d'une manière très lente et très incomplète, et seulement lorsqu'il est en excès. Dans la pratique, on travaille au contraire toujours avec un excès d'acide sulfureux, qui est moins nuisible que l'acide sulfhydrique lorsqu'il arrive dans l'atmosphère. Si on fait passer un courant

(*) Voir, pour plus de détails à ce sujet, le *Journal für praktische Chemie*, 2e série, 20e vol., p. 46.

d'acide sulfhydrique dans une dissolution d'acide sulfureux, ou si on mélange des dissolutions des deux gaz, il se forme d'autant moins d'acide pentathionique que ces dissolutions sont plus étendues. Même lorsqu'elles sont concentrées, il ne s'en forme qu'une quantité limitée, et on peut dire que cette formation n'est pas un obstacle à la préparation du soufre.

Mais, si les dissolutions de sels neutres sont sans action chimique, elles ont sur le soufre formé une action physique très curieuse et très importante.

Si on examine au microscope une goutte du liquide laiteux obtenu par la réaction en présence de l'eau de l'acide sulfureux et de l'acide sulfhydrique, on voit que le soufre forme de petites bulles, sortes de sphères à parois très minces, analogues à des bulles de savon. Si on ajoute à la goutte examinée une goutte d'une dissolution de sel neutre, on voit immédiatement les petites sphères se déchirer, et le soufre se rassemble en flocons. Si on prend des quantités égales de la liqueur renfermant le soufre en suspension, qu'on leur ajoute, au moyen d'une burette, des dissolutions de sels neutres tenant un même poids de sel pour un volume déterminé, par exemple 10 grammes de sel pour 100 centimètres cubes et qu'on verse progressivement, jusqu'à ce qu'on voie se former des flocons de soufre abondants, on remarque que les quantités ajoutées sont d'autant plus faibles que la densité de la dissolution est plus considérable. On est alors conduit à assimiler l'action de ces dissolutions à un phénomène d'endosmose; l'eau renfermée dans ces sortes de petites bulles de soufre, en sortirait plus rapidement que la dissolution saline n'y entrerait; et il en résulterait la rupture des parois. Les bulles, qui étaient pleines d'eau, en avaient la densité et ne pouvaient se précipiter. Quand elles sont déchirées, le soufre se rassemble, il tombe au fond du liquide.

La dissolution de chlorure de calcium peut servir indéfiniment, d'après ce qu'on vient de voir. Voici la disposition adoptée pour réaliser la réaction.

L'acide sulfhydrique est amené dans une caisse munie d'une fermeture hydraulique, qui sert de caisse de sûreté. Il passe ensuite dans une caisse de distribution portant trois ouvertures fermées hydrauliquement; l'une sert à l'arrivée du gaz; par les deux autres, il peut se rendre, soit dans les appareils à fabriquer le soufre, soit à une grille où on le brûle avant de l'abandonner dans l'atmosphère lorsqu'on en a en excès.

Le soufre est produit dans deux grandes tours en bois (*fig.* 9); l'une est de construction tout à fait récente, l'autre est un peu plus ancienne; les gaz arrivent par le bas. Pour faciliter la circulation de l'acide sulfureux, on se sert d'un petit ventilateur formé par deux cames, et placé à la base des tours.

Les tours sont carrées, construites en bois de sapin. Elles sont munies à l'intérieur d'une série d'étagères, sur lesquelles coule la dissolution de chlorure de calcium amenée au sommet par une pompe. Des ouvertures, au nombre de deux pour chaque étagère, permettent de les nettoyer. Les cotes de la figure sont relatives à la tour construite en premier lieu. Dans la nouvelle, la distance des étagères, au lieu d'être constante, croît, du sommet à la base, de $0^m,16$ à $0^m,25$, ce qui est très rationnel, les volumes des gaz étant bien plus considérables en bas qu'en haut ; et surtout le soufre qui se dépose sur les étagères risque moins d'obstruer la tour; le côté de la section intérieure est de $0^m,60$ au lieu de $0^m,67$, et les parois ont $0^m,07$ d'épaisseur.

L'orifice d'entrée de l'acide sulfureux est à une hauteur de $1^m,70$ sur les deux tours ; il est circulaire, et a $0^m,44$ de diamètre dans l'ancienne et $0^m,20$ dans la nouvelle. L'orifice d'entrée de l'acide sulfhydrique est à une hauteur de

$0^{m},53$, et a un diamètre de $0^{m},33$ dans l'ancienne; dans la nouvelle, il est à une hauteur de $0^{m},32$ et a un diamètre de $0^{m},18$. La hauteur totale de l'ancienne tour est d'environ 10 mètres ; celle de la nouvelle est de $11^{m},30$.

Elles sont maintenues par des charpentes qui portent des escaliers pour faciliter le nettoyage.

Le soufre formé est entraîné par la dissolution de chlorure de calcium qu'on recueille au bas de la tour, et qu'on amène dans une cuve en bois. Cette cuve, légèrement évasée en bas, a $1^{m},25$ de profondeur et $1^{m},96$ de diamètre. Un agitateur mécanique accélère le rassemblement du soufre. Trois cuves pareilles, mais sans agitateur, servent à laisser reposer la liqueur, quand elle a été assez agitée; le soufre s'y précipite.

La dissolution de chlorure de calcium est décantée ; on lui ajoute un peu de calcaire; il se forme souvent dans les tours un peu d'acide sulfurique, qui donne, avec le chlorure de calcium, du sulfate de chaux et de l'acide chlorhydrique; le calcaire sature cet acide, le chlorure de calcium est régénéré, et on élève de nouveau la dissolution au sommet des tours. Le soufre est lavé à l'eau, et retiré des cuves. On le purifie et on le fond par le procédé de Schaffner.

Il serait difficile de le purifier par une fusion ordinaire, ou une distillation : il est très poreux, très léger, il renferme une assez forte proportion de sulfate de chaux, et conduit très mal la chaleur. Chauffé dans une chaudière, il peut fondre vers les parois, alors qu'au milieu il est à peine chaud. On a essayé de le fondre dans une dissolution concentrée de chlorure de calcium, mais l'opération est coûteuse et ne donne pas de résultats satisfaisants. Schaffner a eu recours à la fusion dans l'eau à une pression de $1^{atm},75$. L'eau enlève une petite quantité de chlorure de calcium restée après le lavage; le sulfate de chaux forme une poudre cristalline qui reste en

suspension pendant que le soufre se rassemble à la partie inférieure de la chaudière, d'où on peut le couler. On ajoute au soufre, quand on l'introduit, une petite quantité de lait de chaux, qui sature les acides libres, et préserve le métal, et qui de plus, en donnant naissance à du sulfure de calcium, peut enlever l'arsenic, s'il y en a, à l'état de sulfosel. On voit qu'on peut obtenir par cette fusion un produit très pur; de plus, il suffit de laver très grossièrement le soufre brut, et il est presque inutile de le dessécher.

L'appareil est représenté sur la Pl. XII, *fig.* 7, 8. Il consiste en un cylindre en fonte placé dans un cylindre en tôle. Le cylindre en fonte n'a pas de fonds : il rejoint les fonds du cylindre en tôle, auxquels il est fixé. Le soufre est introduit par le trou d'homme E, à l'état de bouillie, avec un peu de lait de chaux. La vapeur arrive par R dans l'espace compris entre les deux cylindres, et entre par L dans le cylindre intérieur. Un agitateur, mis en mouvement par une poulie P, régularise la température, et favorise la purification; son axe passe dans des boîtes à étoupes, et est muni de manchons *m* qu'on remplace facilement lorsqu'ils sont usés. L'eau provenant de la condensation de la vapeur peut s'échapper par le robinet R'. La vapeur en excès à la fin de l'opération sort par V. Le trou de coulée est fermé par un ringard T à pointe conique. Un conduit mobile B s'oppose aux projections au moment de la coulée du soufre dans le réservoir O.

La longueur de la chaudière est de $3^m,60$ et son diamètre est de $0^m,80$.

On produit par jour environ 200 à 250 kilogrammes de soufre. On emploie pour tous les appareils, 6 ou 7 hommes par 24 heures.

Fabrication du sulfure de carbone. — La plus grande partie du soufre est actuellement convertie en

sulfure de carbone, employé au traitement des vignes phylloxérées.

Une grande cornue cylindrique en fonte, à section elliptique, est remplie de charbon : le soufre est introduit par un tube de fonte vertical, pénétrant dans la cornue et renfermant une spirale en fer, autour de laquelle il finit par tomber goutte à goutte sur le charbon.

Le sulfure de carbone produit est conduit successivement dans deux vases, où il se condense au contact de l'eau; les vapeurs restantes circulent ensuite dans une série de tuyaux horizontaux en fonte, disposés dans des cuves plates en bois, pleines d'eau, où la condensation s'achève.

On produit par 24 heures environ 200 kilogrammes de sulfure de carbone, et on consomme 200 kilogrammes de soufre, 4 hectolitres de charbon de bois et 4 à 5 stères de bois de hêtre pour le chauffage. On emploie pendant le même temps 6 hommes.

Fabrication de l'acide azotique. — On ne fabrique que la quantité d'acide azotique nécessaire à la fabrication de l'acide sulfurique.

On chauffe dans une chaudière cylindrique en fer de l'azotate de soude et de l'acide sulfurique. L'acide azotique se condense dans des touries disposées les unes à la suite des autres.

La chaudière a $0^m,80$ de longueur et $0^m,40$ de diamètre. On emploie à cette fabrication deux hommes par 24 heures. On produit par an 15 à 20 tonnes d'acide azotique à 36° Baumé, et 10 à 12 tonnes de sulfate de soude.

PRODUCTION GÉNÉRALE DE L'USINE.

Voici la production générale de l'usine en 1882 :

Argent et or, 450 kilog., comprenant	Or.	220^{k}
	Argent. . .	230^{k}
Sulfate de cuivre.		1^{t},600
Sulfate de fer.		295^{t},000
Acide sulfurique à 50° B.		652^{t},500
Acide sulfurique à 66° B.		7^{t},150
Acide azotique à 36° B.		17^{t},750
Soufre.		16^{t},600
Sulfure de carbone.		25^{t},000

Mais cette production est très faible ; elle est ordinairement plus forte, si ce n'est pour l'or et l'argent, et l'usine, telle qu'elle est organisée actuellement, peut fabriquer par an :

Sulfate de cuivre.	20 à 30 tonnes.
Sulfate de fer.	600 à 700
Acide sulfurique à 50° B.	1000
Acide sulfurique à 66° B.	100
Soufre.	100
Sulfure de carbone.	100

BULLETIN
DES ACCIDENTS ARRIVÉS DANS L'EMPLOI DES APPAREILS A VAPEUR
PENDANT L'ANNÉE 1883.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
12 janvier..	Huilerie à Marseille.	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. — Corps: longueur $8^{m}00$; Diamètre $1^{m}20$.—Bouilleurs: Longueur $8^{m}70$; diamètre $0^{m}65$.— Construite en 1869. — En 1878, épreuve pour 5 k. 750.	Une heure après la prise de service des chauffeurs, le bouilleur de droite s'est fendu près de la rivure circulaire des deux premières viroles. La fente a $0^{m}45$ de longueur et $0^{m}006$ de largeur minima.	Chauffeur brûlé mortellement. Trois autres ouvriers atteints de brûlures plus ou moins graves.	Surchauffe de la tôle.
28 janvier..	Scierie à Villers-sous-Chalamont (Doubs).	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. Corps : longueur $5^{m}50$; diamètre $1^{m}20$.—Bouilleurs: longueur $5^{m}50$; diamètre $0^{m}53$. —Construite en 1871. —Épreuve en 1881, pour 6 k. 500.	A 11 h. 1/2 arrêt des machines faute de pression. — Le chauffeur poussa les feux et obtint une augmentation, quand, vers minuit, le bouilleur vide surchauffé s'ouvrit sous une pression de 3 k. 75. — Pas d'autre pompe alimentaire que celle de la machine. — Sifflet d'alarme paralysé.	Dégâts matériels peu importants.	Manque d'eau.
20 mars ...	Fabrique de meubles à Valence (Drôme).	Chaudière horizontale, cylindrique. — Foyer intérieur cylindrique.— Corps: longueur $2^{m}80$; diamètre $1^{m}00$. — Epreuve en 1878, pour 4 k. 500. Timbre de 5 k. non poinçonné.	Écrasement de la tôle du foyer intérieur sur une longueur de $1^{m}55$. — Déchirure principale, perpendiculaire aux génératrices, à $0^{m}25$ au delà de la grille.	Simple projection d'eau et de vapeur	Manque d'eau.
29 mars ...	Bateau « Nord » à Bordeaux.	Chaudière de treuil, verticale à foyer intérieur et cheminée centrale Hauteur $3^{m}50$; diamètre $1^{m}40$ — Foyer tronc-conique. — Épreuve en juin [illegible]	Le fond supérieur formé de deux tôles a été embouti vers l'extérieur avec déchirure au point de jonction des deux tôles avec le corps cylindrique. — [illegible]	Un homme tué. Dégâts matériels relativement considérables.	Cause indéterminée.

			s'est ovalisé vers le bas. — Le foyer déchiré s'était replié à l'intérieur en quatre segments		
30 mars....	Minoterie à St-Martin-de-Brem (Vendée.)	Chaudière locomobile à corps horizontal, cylindrique, tubulaire, précédé d'un corps cylindrique vertical à foyer intérieur. — Corps : longueur 2^m135 ; diamètre 0^m55. — 14 tubes en laiton de 0^m06 de diamètre	En plein travail, la chaudière s'est brisée en plusieurs fragments. Le corps principal a été lancé à 60 mètres en avant et la boîte à fumée à 80 mètres en arrière. — La partie cylindrique de l'envoloppe extérieure s'est divisée en nombreux fragments.	Le propriétaire et son fils ont été tués. Bâtiment démoli.	Excès de pression et nature défectueuse de la tôle de l'enveloppe verticale.
31 mars....	Forges à Marnaval (Haute-Marne.)	Chaudière verticale chauffée par les flammes perdues de trois fours à puddler. — Hauteur 15^m ; diamètre 1^m10. — Vide annulaire de 0^m40 à 0^m50 de largeur, dans lequel circulent les gaz chauds. — La chambre de vapeur, de 2^m50 de hauteur, est garantie du contact direct des gaz chauds par une chemise en briques de 0^m11 d'épaisseur. — Epreuve en avril 1882. — Timbre 6 k.	La chaudière s'est divisée, à partir de 2^m20 de la base, en plusieurs morceaux qui ont été lancés dans toutes les directions.	30 morts ; 61 blessés, dont 12 très légèrement. Toiture et charpente emportées ou disloquées sur environ 900 mètres carrés de surface.	Affaiblissement de la tôle du coup de feu non protégée.
17 avril ...	Blanchisserie à Paris.	Récipient chauffant un cuvier placé au-dessus de lui. — Le récipient contenant la lessive est chauffé par un barbotage de vapeur.	Rupture du couvercle en fonte du récipient.	Quatre ouvriers légèrement brûlés ou contusionnés.	Excès de pression. — (Le tuyau d'ascension ayant été obstrué par un tampon de fibres de bois.)
17 avril ...	Scierie à Paris.	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. Epreuve en mars 1883, pour 6 k.	A 6 h. du matin, le chauffeur se disposait à mettre la machine en marche sans avoir alimenté, quand le bouilleur s'est déchiré à la partie inférieure de la première virole. — (Appareils indiquant le niveau de l'eau en mauvais état.)	Quelques dégâts à la toiture ; dislocations au fourneau.	Manque d'eau.
10 mai	Distillerie à Bonson (Loire.)	Chaudière de forme locomotive. — Timbre 1 k. 5. — Deux alambics rivés au-dessus s'emboîtent dans les dômes et ont leurs fonds chauffés par la vapeur.	Le couvercle de l'un des alambics a été projeté en l'air ; une partie de l'alambic était fortement plissée en dedans et en partie déchirée suivant la ligne des rivets de la cornière.	Dégâts matériels.	Cause indéterminée.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE forme et destination de l'appareil — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
17 mai.....	Minoterie à Raimbeaucourt (Nord).	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. — Corps : longueur 6m85 ; diamètre 1m. — Bouilleurs : longueur 6m95 ; diamètre 0m50. — Epreuve en 1879 pour 5 k.	Le bouilleur de droite s'est déchiré à l'avant sur une longueur de 1m20, parallèlement aux génératrices. Cette fente se bifurquait à l'extrémité et les lèvres étaient fortement redressées.	Fentes au massif.	Manque d'eau.
18 mai	Tissage à Ventron (Vosges)	Récipient cylindrique en cuivre rouge de 2 millimètres d'épaisseur. Fonds plats en tôle de fer rivés à la partie cylindrique. — Fonds renforcés par des disques en tôle de 0m38 de diamètre et par sept rayons en cornières. — Quatorze tringles d'entretoisement boulonnées par groupes de deux sur les cornières.	Les deux fonds se sont arrachés sur presque tout leur pourtour ; les bords de la déchirure étaient en dents de scie, les rivets occupant l'intervalle compris entre deux dents consécutives.	Dégâts matériels.	Défectuosités dans le montage. (entretoises mal boulonnées aux plaques de fond).
8 juin	Confiserie à Clermont-Ferrand.	Récipient formé de plaques de tôle planes de 5 millimètres d'épaisseur. — La vapeur est fournie par une chaudière timbrée à 6 k. 500.	La paroi supérieure a été complètement détachée, les autres déformées.	Légère blessure du propriétaire.	Excès de pression.
9 n.....	Fabrique de boulons à Rouen.	Chaudière horizontale, cylindrique. — Corps : longueur 3m90, diamètre 0m80. — Bouilleurs : longueur 4m ; diamètre 0m42. — Timbre 5 k. — Tuyau d'alimentation obstrué.	Deux heures après la mise en marche, la feuille du coup de feu du bouilleur de gauche s'est déchirée en long sur 0m38.	Aucun dégât.	Manque d'eau.
9 juin.	Teinturerie à Amiens.	Cylindres sécheurs en cuivre avec fonds en fonte. — Les bords du cylindre sont rabattus et fixés à chaque plateau par des boulons vissés sur un cercle de fer placé à l'intérieur. — Lon- [illegible]	On venait d'évacuer une certaine quantité de vapeur parce que des fuites dénotant un excès de pression s'étaient produites aux assemblages des tuyaux ; trois [illegible]	Un ouvrier tué, un autre blessé légèrement.	Excès de pression.

		— Vapeur fournie par une chaudière timbrée à 5 atmosphères—Robinets sur les tuyaux d'arrivée et de sortie de la vapeur. — Pas de soupape de sûreté.	s'est rompu à chaque cylindre. — L'enveloppe a résisté. — Rebord en cuivre déformé et rompu en certains points.		
29 juin....	Brasserie à Mons-en-Barœul (Nord).	Chaudière horizontale, cylindrique, à foyer extérieur avec retour de flammes, formé par seize tubes de fer engagés à frottement dans les plaques de fond. — Corps : longueur 3m35 ; diamètre 0m985.—Longueur des tubes 3m37. — Timbre 5 k. 50.	Chaudière violemment projetée. — Plaques tubulaires retrouvées bombées de l'intérieur vers l'extérieur.	Chauffeur tué. Dégâts matériels considérables.	Défaut de construction. (Tubes n'étant fixés aux plaques ni par des bagues ni par des bords rabattus ; plaques tubulaires n'étant reliées entre elles par aucune armature.)
29 juin....	Raffinerie à Paris.	Générateur composé de six éléments comprenant chacun 18 tubes en fer de 2m40 de longueur, 0m125 de diamètre et 0m005 d'épaisseur ; ces tubes sont reliés deux à deux par une boîte en fonte malléable. — Collecteur inférieur pour l'eau d'alimentation. — Réservoir supérieur dit épurateur.	Le 4e tube, à partir du bas, de l'un des éléments s'est déchiré au coup de feu, formant une ouverture de 0m30 de longueur et de 0m07 de largeur.	Un ouvrier légèrement atteint.	Obstruction d'une boîte de jonction par des dépôts qui s'y sont accumulés et ont arrêté l'alimentation dans les tubes situés au-dessus de la boîte obstruée.
7 juillet ...	Puits de mine à Carmaux (Tarn).	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs	Le corps cylindrique s'est rompu suivant une section un peu oblique à l'axe aboutissant entre les communications avec les bouilleurs, mais contre l'une d'elles.—Déchirures à l'un des bouilleurs. — La petite partie de l'appareil qui s'est ainsi détachée (poids 1500 à 1800 k.) a été projetée à 430 mètres.	Dégâts matériels.	Amincissement du métal de l'un des bouilleurs probablement par suite de suintements restés inaperçus.
9 ao	Élévation d'eau à Saint-Ambroix (Gard).	Chaudière horizontale, cylindrique. — Longueur 5m65 ; diamètre 1m25. — Epreuve en mai 1883. — Timbre 4 k.	A la mise en marche, la pression baissa immédiatement à tel point qu'on dût arrêter après 20 minutes. — On activa le feu pour relever la pression ; un quart d'heure après la chaudière se déchira au coup de feu des deux viroles d'avant sur 2m de longueur. — L'appareil fut projeté.	Un homme brûlé par les tôles de la chaudière, mort des suites de ses brûlures.	Manque d'eau.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
20 août....	Forges à Chambon-Feugerolles (Loire).	Chaudière verticale, cylindrique, chauffée par les flammes perdues d'un four à puddler. — Hauteur 14m; diamètre 1m. — Une enveloppe protectrice en briques couvre la base de la chaudière à l'endroit du coup de feu. — Epreuve en juillet 1882 pour le timbre de 6 k.	La partie supérieure du générateur s'est séparée de la partie inférieure et s'est affaissée de 0m95 en effectuant sur elle-même une rotation. — Troisième virole déchirée suivant une génératrice.	Sept ouvriers très légèrement atteints. Quelques dégâts matériels très peu importants.	Manque d'eau.
10 septembre	Fabrique de boîtes à Pantin (Seine).	Chaudière horizontale, cylindrique avec deux bouilleurs et deux réchauffeurs. — Corps : longueur 11m20; diamètre 0m90. — Bouilleurs : longueur 11m30; diamètre 0m65. — Epreuve en 1878.— Timbre 6 k.	La partie antérieure du bouilleur de gauche s'est ouverte. — La chaudière et les deux bouilleurs ont été projetés d'une seule pièce.	Dégâts matériels.	Défaut de construction. — Défaut probable d'entretien. — Excès de pression supposé.
13 octobre..	Distillerie au Mesnil-St-Nicaise (Somme).	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. — Corps : longueur 9m90; diamètre 1m40. — Bouilleurs : longueur 10m30; diamètre 0m75. — Epreuve en 1882 pour le timbre de 5 k.	Tôle du coup de feu du bouilleur de gauche déchirée sur 1m20 de longueur.	Dégâts matériels insignifiants.	Manque d'eau
13 octobre .	Atelier de bijouterie à Paris.	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. — Corps : longueur 3m22; diamètre 0m95. — Bouilleurs : longueur 2m66; diamètre 0m60. — Epreuve fin 1873 pour le timbre de 6 k.	Cinq minutes après la reprise du travail, le bouilleur de gauche s'ouvrit au coup de feu sur 0m80 de longueur; un peu plus près de la porte du foyer il y eut une fente de 0m10.	Dégâts matériels peu importants.	Manque d'eau
22 octobre .	Menuiserie à Boulogne (Pas-de-Calais).	Chaudière verticale à foyer intérieur traversé par deux bouilleurs croisés. — Corps cylindrique vertical : Hauteur [illegible]	La tôle du foyer présentait, en face de la porte, trois déchirures verticales distantes de 8 et de 10 centimètres et [illegible]	Un ouvrier légèrement brûlé. Dégâts matériels.	Insuffisance d'épaisseur et défaut de la tôle légèrement fissurée en un point où le métal paraissait mal soudé.

		... 7^m70 ; diamètre 0^m95. — Epreuve en 1883	... tres.		
29 octobre.	Papeterie à Chahaignes (Sarthe).	Chaudière horizontale, cylindrique, semi-tubulaire, avec deux bouilleurs. — Corps : longueur 3^m83 ; diamètre 1^m. — Bouilleurs : longueur 4^m20 ; diamètre 0^m60. — 26 tubes en fer de 0^m08 de diamètre. — Epreuve en février 1880. — Timbre 6 k. — Cette chaudière alimente une machine de 6 chevaux et des lessiveurs.	Une heure après l'ouverture du robinet de communication avec les lessiveurs, le bouilleur de droite s'est déchiré au coup de feu dans toute la longueur de la première virole.	Dégâts matériels sans projection.	Manque d'eau.
5 novembre..	Distillerie à Awoingt (Nord)	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs et deux réchauffeurs. — Corps : longueur 6^m60 ; diamètre 1^m30. — Bouilleurs : longueur 8^m60 ; diamètre 0^m70. — Epreuve en octobre 1879 pour le timbre de 5 k.	Un sifflement se fit entendre ; quelques instants après la tôle du coup de feu s'est déchirée suivant un demi cercle, dont le sommet se trouve près de la génératrice inférieure et dont la base, longue de 1 mètre, se confond avec la ligne de rivure qui fait face à l'autre bouilleur.	Deux ouvriers blessés mortellement ; quatre autres personnes atteintes dont trois grièvement blessées (Tous les blessés s'étaient étendus et endormis, pendant l'heure de repos, sur le fourneau de la chaudière). Dégâts matériels.	Qualité insuffisante de la tôle du coup de feu et mauvaise conduite du feu.
12 novembre.	Distillerie à Lyon.	Chaudière horizontale, cylindrique. — Longueur 1^m40 ; diamètre 0^m90. — Timbre 2 k.	La chaudière s'est rompue le long de la ligne de rivets supérieure, près des lignes de rivets et d'emboutissage des fonds et en pleine tôle dans la feuille du coup de feu.	Quelques dégâts matériels.	Défaut de construction.
19 novembre.	Tissage à Condé-sur-Noireau (Calvados).	Récipient cylindrique à débouillir le coton. — Hauteur : 2^m15 ; diamètre 1^m70. — Couvercle bombé, muni sur son pourtour de huit oreilles à encoches qui servent à le fixer sur la cuve au moyen de boulons mobiles autour d'une articulation horizontale qui fait corps avec la cuve.	L'un des écrous des boulons tenant le couvercle a cédé ; les deux boulons voisins se sont légèrement faussés ; le couvercle s'est allongé de $0^m,06$ suivant un diamètre et rétréci de $0^m,03$ suivant le diamètre perpendiculaire, et il a été projeté à 40 mètres de distance.	Quelques dégâts matériels.	Usure d'un boulon d'attache du couvercle et disposition défectueuse des oreilles d'attache de ce couvercle.
20 novembre.	Papeterie à Marnay (Indre-et-Loire).	Lessiveuse sphérique rotative en tôle. — Diamètre 2^m40. — Trou d'homme de 0^m60 de diamètre fermé par une plaque que l'on fixe au moyen de 15 boulons de 0^m022 de diamètre.	L'explosion a eu lieu à 7 h. 1/2 du matin ; le récipient a été projeté à 7 mètres de distance.	Trois personnes blessées dont deux assez grièvement. Dégâts matériels assez importants	Le couvercle du trou d'homme n'avait été fixé sur son siège qu'avec une partie seulement des boulons nécessaires et plusieurs de ces boulons avaient leur pas de vis déjà usé.

DATE de l'accident.	NATURE et situation de l'établissement où l'appareil était placé.	NATURE forme et destination de l'appareil. — Détails divers.	CIRCONSTANCES de l'accident.	CONSÉQUENCES de l'accident.	CAUSE PRÉSUMÉE de l'accident.
2 décembre.	Chantier de bois à Paris.	Chaudière verticale à foyer extérieur et tubes bouilleurs croisés. — Corps : hauteur 1m24; diamètre 0m65. — Foyer : hauteur 0m88 ; diamètre 0m52. — Epreuve en août 1883. — Timbre 7 k.	Pendant le repos du milieu de la journée, la chaudière a fait explosion ; ses nombreux débris ont été projetés à plus de 40 mètres de distance. — L'enveloppe extérieure avait presque entièrement disparu. — Le foyer intérieur était intact.	Dégâts matériels peu importants.	Qualité défectueuse et faible épaisseur des tôles de l'enveloppe extérieure. — Très probablement excès de pression.
3 décembre.	Vidanges à Bordeaux.	Chaudière verticale à tubes pendants, — locomobile. — Capacité 500 litres.—Epreuve en décembre 1882.— Timbre 6 k.	Après un assez long temps d'immobilité, on a imprimé un brusque mouvement à l'appareil. — Immédiatement après ce mouvement, le foyer intérieur s'est déprimé suivant une génératrice et déchiré ; les bords de la déchirure se sont rabattus partiellement sur la grille du foyer.	Aucun dégât	Manque d'eau.
13 décembre.	Tissage à Darnétal (Seine-Inférieure).	Récipient ou tonneau récepteur des eaux de condensation de l'appareil sécheur d'une encolleuse. — Longueur 1m 14 ; diamètre 0m83.	Les fonds de tonneau ont été projetés.	Deux ouvriers brûlés, l'un d'eux assez grièvement.	Obstruction de la bonde du tonneau récepteur des eaux de condensation qui formait l'une des issues de la vapeur dans l'atmosphère.
13 décembre.	Atelier de constructions mécaniques à Roubaix (Nord).	Chaudière horizontale, cylindrique, avec deux bouilleurs. — Corps : longueur 5 mètres ; diamètre 1m20. — Bouilleurs : longueur 5m30 ; diamètre 0m70. — Epreuve en 1866. — Timbre 5 k.	Le bouilleur de gauche s'est déchiré à la tôle du coup de feu sur une longueur de 0m70.	Chauffeur brûlé mortellement.	Manque d'eau.
25 décembre.	Bateau « Coligny » à La Rochelle.	Chaudière horizontale, cylindrique, tubulaire, à foyer intérieur, terminée à l'avant et à l'arrière par des faces planes, avec retour de flamme. — [illegible]	Les faces d'avant et d'arrière se sont déchirées le long des lignes de rivets qui les reliaient à l'enveloppe cylindrique; cette dernière s'est [illegible]	Quatre personnes blessées. Bateau complètement disloqué avec des débris projetés au loin.	Mauvais état de la chaudière.

		[illegible] foyers de 2^m30 de longueur et 0^m74 de diamètre. — 111 tubes. — Timbre 5 atmosphères. — Autorisation seulement pour 4 atmosphères et demie.			
28 décembre	Teinturerie à Saint-Dié (Vosges).	Chaudière horizontale, cylindrique, tubulaire, avec bouilleur. — Corps tubulaire : longueur 1^m33 ; diamètre 0^m90. — Bouilleur : longueur 1^m92 ; diamètre 0^m50. — 43 tubes en fer. — Timbre 6 k.	La chaudière a volé en nombreux éclats, le bouilleur est resté intact, sauf deux enfoncements produits à sa partie inférieure par la réaction de ses supports.	Dégâts matériels considérables.	L'explosion est due en partie à un défaut de construction (affaiblissement des génératrices inférieure et supérieure du corps tubulaire par des solutions de continuité trop considérables). — Les autres causes, s'il y en a, n'ont pu être déterminées.

RÉSUMÉ.

RÉPARTITION DES ACCIDENTS.

	NOMBRE.	TUÉS.	BLESSÉS (1)
I. — Par nature d'établissements :			
Bateaux	2	1	4
Bijouterie	1	»	»
Blanchisserie	1	»	»
Bois (ateliers de)	3	»	»
Boulons (Fabrique de)	1	»	»
Brasserie	1	1	»
Confiserie	1	»	»
Constructions mécaniques (Atelier de)	1	1	»
Distilleries	4	2	3
Elévation d'eau	1	1	»
Forges	2	30	49
Huilerie	1	1	3
Meubles (Fabrique de)	1	»	»
Mines	1	»	»
Minoteries	2	2	»
Papeteries	2	»	2
Raffinerie	1	»	»
Scieries	2	»	»
Teintureries	2	1	»
Tissages	3	»	1
Vidanges	1	»	»
Totaux	34	40	62
II. — Par espèces d'appareils :			
1° Chaudières à foyer extérieur :			
Horizontales non tubulaires, avec ou sans bouilleurs	13	5	6
Horizontales plus ou moins tubulaires	3	1	»
Verticales	2	30	49
2° Chaudières à foyer intérieur :			
Horizontales non tubulaires	2	»	»
Horizontales plus ou moins tubulaires	3	2	4
Verticales	3	»	»
3° *Récipients*	7	1	3
4° *Divers*	1	1	»
Totaux	34	40	62

III. — D'après les causes présumées (2):

1° Conditions défectueuses d'établissement :	
Construction, disposition, installation ou matières défectueuses	11
2° Conditions défectueuses d'entretien :	
Usure. — Fatigue ou amincissement du métal	3
Réparations non faites ou défectueuses	3
3° Mauvais emploi des appareils :	
Manque d'eau (suivi ou non d'alimentation intempestive)	12
Excès de pression	6
Autres imprudences ou négligences	5
4° *Causes restées indéterminées ou inconnues*	2

(1) On n'a inscrit comme blessés que ceux qui ont eu au moins 20 jours d'incapacité de travail.

(2) Le nombre total des causes présumées est supérieur à celui des accidents, parce que le même accident a été quelquefois attribué à plusieurs causes réunies.

NOTES

D'UN

VOYAGE AUX ARDOISIÈRES

DU PAYS DE GALLES

Par **M. LARIVIÈRE**, ancien élève de l'École supérieure des mines.

DESCRIPTION GÉOLOGIQUE.

Avant de décrire en détail les différents centres ardoisiers du North Wales, nous donnerons quelques indications générales sur les formations géologiques auxquelles ils appartiennent. Les schistes exploités dans le Shropshire, le Flintshire, le Denbighshire, le Carnarvonshire, le Merionethshire et le Montgomeryshire constituent une partie des assises des terrains cambrien et silurien. Les progrès des observations et les recherches persévérantes de MM. Salter, Hicks et Harkness ont permis d'établir de nombreuses subdivisions dans ces systèmes jadis peu connus (*).

Le cambrien qui, dans le Shropshire et le North Wales, forme une série puissante de près de 10 kilomètres, n'était divisé qu'en deux groupes, celui de Bangor ou Longmynd et celui de Festiniog : le premier, comprenant les schistes de Llanberis à la base et les grès de Harleck au sommet, le second les Lingula Flags et l'assise de Tremadoc. Le tableau suivant résume la division actuellement admise (**).

(*) Hicks in Lapworth : *Geolog. Magazine* 1881, *Quarterly Journal of the Geolog. Society of London.*

(**) *Traité de géologie* de M. A. de Lapparent, p. 665.

GROUPE DE CAERFAI, Ancien groupe de Bangor (Ardennais).

Caerfai supérieur, grès pourprés et verdâtres avec annélides.

Caerfai moyen, schistes pourprés avec *Lingulella*, *Discina*, *Leperditia cambrensis*.

Caerfai inférieur, grès schisteux verdâtres avec conglomérats quartzeux, ne renfermant que des annélides.

SCANDINAVIEN, ancien groupe de Festiniog.

OLÉNIDIEN. — Ancien étage des Lingula Flags.

6° **Assise de Tremadoc**, 350 mètres de grès gris schisteux, avec zone inférieure à *Dictionema sociale*; zone moyenne à *Conocoryphe depressa*, *Asaphellus Humphreyi*; zone supérieure, schistes tachés de rouge avec *Angelinia*, *Conularia*, *Lingulocharis*.

5° **Assise de Dolgelly**, 180 mètres, comprenant les schistes inférieurs de Rhiwfely à *Parabolina spinulosa*, *Orthis lenticularis*, *Agnostus*, et les schistes supérieurs de Moël Grün à *Conocoryphe invita*, *Agnostus trisectus*, *Ctenopyge pecten*, *Sphærophthalmus alatus*.

4° **Assise de Festiniog**, composée surtout de 600 mètres de schistes gris, légèrement micacés, avec *Lingulella Davisi* et *Bythotrephis* à la base; *Hymenocharis vermicauda* et *Conocoryphe macrura* au sommet.

3° **Assise de Maentwrog**, 800 mètres de schistes bleus et bancs de grès jaunâtres, formant deux zones : la première avec *Agnostus pisiformis*, *Olenus gibbosus*, *O. truncatus*; la seconde, contenant *Agnostus pisiformis*, *A. reticulatus*, *Olenus cataractes*.

PARADOXIDIEN.

2° **Assise ménévienne** ou de Saint-David, comprenant 150 mètres de bancs de grès avec schistes bleu et gris, divisés en trois zones très fossilifères :

Ménévien inférieur, dalles grises avec *Paradoxides Hicksi*, *Obolella sagittalis*, *Agnostus Davidis*, *Conocoryphe coronata*.

Ménévien moyen, schistes noirs avec *Paradoxides Davidis*, *Agnostus Barrandei*.

Ménévien supérieur, grès plus ou moins schisteux avec *Orthis Hicksi*, *Obolella sagittalis*, *Erinnys*.

1° **Assise de Solva**, se subdivisant en trois zones :

Solva inférieur, 45 mètres de phyllades et grès jaunâtres, avec *Plutonia Sedgwicki*, *Paradoxides Harknessi*, *Eophyton*

Solva moyen, grès schisteux gris rouge, 450 mètres, avec *Microdiscus sculptus*, *Paradoxides Solvensis*, *Agnostus Cambrensis*, *Eophyton*.

Solva supérieur, 45 mètres de schistes gris à *Obolella sagittalis*, *Paradoxides aurora*, *Conocoryphe bufo*.

Le silurien présente une puissance totale variant entre 5.000 et 6.000 mètres ; le tableau suivant, emprunté à M. de Lapparent, résume la composition générale du système.

		Couche de passage, 24 mètres.	Grès de Downton ou Tilestone avec bone-bed à poissons.
Étage bohémien.	Assise de Ludlow	supérieure (210 mèt.).	Grès gris micacé à *Orthis elegantula*, *Athyris navicula*.
		inférieure (315 mèt.).	Calcaire d'Aymestry à *Pentamerus Knighti*, *Rhynchonella Wilsoni*, etc. Schistes gris argileux de Ludlow à *Pteraspis*.
	Assise de Wenlock, 1.000 mètres,	supérieure.	Calcaire de Wenlock à *Calymene Blumenbachi*.
		inférieure.	Schiste de Wenlock. Calcaire de Woolhope.
Assise de passage.	Assise de Llandovery, 120 à 750 m.	supérieure.	Schiste de Tarannon. Grès de May-Hill, de Corven. Calcaire à pentamères.
		inférieure.	Schistes inférieurs de Llandovery.
Étage armoricain.	Assise de Caradoc, 3.600 mètres.	......	Grès de Caradoc à *Trinucleus*. Calcaire de Bala à *Cystidés*.
	Assise de Llandeilo, 400 mètres,	......	Schistes de Llandeilo à *Ogygia Buchi*.
Assise de passage.	Assise d'Arenig.	....	Couches d'Arenig et de Skiddaw à Graptolithes.
	Assise de Tremadoc.		

Nous utiliserons, pour montrer les rapports des exploitations entre elles, la earte et la coupe, Pl. XIII, *fig*. 1 et 2, qui ne sont que des réductions de la grande carte du service géologique ; quant à la description détaillée des couches, nous aurons recours à l'ouvrage de D. E. Davies, intitulé : *Slate and slate quarrying* (*).

Les lignes tracées sur la carte d'ensemble représentent les différents affleurements; chacune d'elles porte un numéro d'ordre correspondant au même numéro reproduit sur la coupe générale.

(*) *A Treatise on Slate and Slate Quarrying, scientific, pratical and commercial*, by D. C. Davies F. G. S., London, 1878.

Schistes cambriens. — En commençant par l'extrémité ouest de la section, nous trouvons tout d'abord les schistes du cambrien inférieur du Carnarvonshire; leur puissance est considérable, dans ce comté elle dépasse souvent 900 mètres. On remarquera qu'ils viennent affleurer de nouveau dans le Merionethshire au milieu de la section et plongent encore une fois sous les autres formations pour ne plus reparaître qu'au milieu des collines de Longmynd, dans le Shropshire, où leur puissance atteint un maximum de 7.500 mètres. La composition détaillée de ces couches est donnée par la coupe (*fig.* 3, Pl. XIII), prise dans le voisinage de Llanberis. La puissance totale des schistes cambriens fissiles peut-être évaluée en moyenne à 280 mètres; les ardoises qui en proviennent se reconnaissent à leur couleur pourprée ou verdâtre et à ce qu'étant généralement rudes, elles rendent au choc un son métallique prononcé. Les exploitations sont situées pour la plupart sur les rives de l'affleurement des couches, car vers le centre, on rencontre souvent une roche porphyrique qui s'est fait jour à travers les assises sous-jacentes; elles occupent une bande comprise entre Bangor et Aber au nord-est jusqu'à Llanllyfni au sud-ouest. Dans presque toutes les carrières de la région est, le schiste se présente en grandes masses n'offrant que peu de délits, ce qui rend l'abatage difficile; on l'emploie plus spécialement pour la fabrication des dalles. Au sud-ouest de Llanberis, au contraire, les délits sont assez nombreux et rapprochés pour rendre toute exploitation impossible. Indépendamment des bandes de grès durs ou *hard rock* figurées sur la coupe comme formant les entre-deux des veines, il arrive souvent que des filons de quartz, calcite et greenstone viennent recouper les couches de part en part ou les sillonnent irrégulièrement.

Le tableau ci-contre (p. 509) donne les noms des principales ardoisières situées sur la ligne n° 1, d'après le rap-

PERSONNEL.	NOMS des ardoisières.	SITUATION.	PROPRIÉTAIRES.	DATE de l'exploitation.	NOMS des veines exploitées.
195	Alexandra	Moel Tryfau.	Compagnie particulière.	1860.	Red spotted vein.
65	Bryn Hafod-y-vern	Bethesda.	Bangor Slate C°.	Reprise 1825.	Green red et purple spotted.
»	Cambrian	Llanberis, S.-W.	Cambrian Slate C°.	»	Purple striped et red vein.
300	Cilgwyn	Nautile.	Hayward et C°.	XII° siècle.	Blue purple and red spotted.
26	Cook et Ddol	Llanberis, S.-W.	Trew Jegon.	Reprise récemment.	Blue et purple.
2.757	Dinorwic	Llanberis, N.-E.	G. W. Dasheton Smith.	1750.	Toutes les veines.
533	Dorothea	Nantlle, N.-E.	Williams et C°.	1830.	Purple et red veins.
»	Ffron	Id.	Talysarn Slate C°.	Reprise 1860.	Blue et striped vein.
»	Ffron Henlog	Nantlle, S.	Turner et C°.	Reprise 1866.	Id.
»	Glynrhonwy upper	Llanberis, W.	»	Reprise récemment.	Blue Purple et Red.
»	Glynrhonwy Lower	Id.	»	Id.	Id.
»	Goodmans	Id.	Compagnie particulière.	Id.	Green Bed.
2 809	Penrhyn	Bethesda.	Lord Penrhyn.	1500.	Toutes les veines.
»	Pant Dreiniog	Id.	Pant Dreiniog Slate C°.	1872.	Blue purple et red.
234	Penybryn	Nautile.	»	1834.	Purple green et blue.

port annuel de M. Hunt, publié dans la statistique de l'industrie minérale (*).

Les deux principales exploitations du North Wales appartiennent à ce premier groupe, ce sont : celle de Penrhyn, située à 8 kilomètres au sud-est de Bangor, et celle de Dinorwic, près du village de Llanberis.

Ainsi que nous l'avons précédemment indiqué, les couches cambriennes viennent affleurer de nouveau dans le Merionethshire, en donnant lieu à un axe anticlinal. Leur puissance s'est considérablement accrue, mais au profit surtout des parties stériles; quelques tentatives ont été faites sans grand succès pour en exploiter les veines fissiles dans le voisinage d'Harleck ; on ne voit, du reste, le schiste à nu qu'au centre même de l'anticlinal ; partout ailleurs il est recouvert par une importante couche de grès.

Groupe des Lingula Flags. — Le groupe des « Lingula Flags » est très développé dans le voisinage de Portmadoc, il est surmonté par des schistes plus ou moins argileux, qui forment les collines au pied desquelles est située la petite ville de Tremadoc. L'ensemble de la série qui consiste en schistes noirâtres, puis bleuâtres, présente, comme pour les couches précédentes, une puissance variant, de l'est à l'ouest, depuis 800 jusqu'à 1.500 mètres.

L'exploitation de ces schistes n'a jamais donné de résultat satisfaisant, sauf une seule exception, à cause de la forte proportion de pyrite de fer qu'ils contiennent et de l'irrégularité du clivage. L'exception mentionnée concerne l'ardoisière d'Arthog (ligne n° 2 de la carte, Pl. XIII, *fig.* 1), située sur le côté sud de l'estuaire de Barmouth, où l'on fabrique dans les schistes de Trema-

(*) *Mineral Statistics of the United Kingdom of Great Britain and Ireland*, by Robert Hunt F. R. S., London, 1883.

doc des ardoises qui, malgré l'abondance des pyrites et la grossièreté du grain, sont néanmoins marchandes. La production annuelle moyenne de ce district ne dépasse pas 1.500 tonnes.

Les schistes d'Arenig, ainsi nommés à cause de leur grand développement dans les montagnes d'Arenig, situées à 19 kilomètres environ à l'ouest de la ville de Bala, constituent l'assise de passage, puissante de 300 mètres en moyenne, entre le cambrien et le silurien. On les exploite près Dolgelly et Cader Berwyn, mais sur une échelle très restreinte, car la production totale ne dépasse pas 1.750 tonnes.

Schistes siluriens. — L'assise de Llandeilo est constituée par un puissant massif de schistes recoupé par trois zones de roches d'origine ignée. Ces roches, comprises sous la dénomination générale de *greenstone*, paraissent en quelques endroits se lier par des passages insensibles aux quartzites ordinaires. La plupart des géologues anglais les considèrent comme de véritables filons-couches, qui auraient été injectés lors du soulèvement et du froncement général du massif et qui se seraient trouvés comprimés entre les couches mêmes qui se plissaient. C'est entre les deux dernières zones qu'est localisé le grand gisement ardoisier, exploité le long des lignes 3, 3A de la carte et de la coupe générale.

Le rocher fissile a subi l'influence du voisinage des roches éruptives; presque partout il est traversé par d'innombrables veines de greenstone, de quartz, de calcite et de pyrite.

Une première ligne d'ardoisières s'étend depuis Criccieth au sud-ouest, jusqu'à un point situé entre Conway et Penmaen-mawr au nord-est, le long du premier affleurement. Ce sont, à partir du sud en remontant vers Conway, celles de Hendre Ddu, de Moelfra, des vallées de

Pennaut et de Cwm Trwscol, donnant des ardoises bleu clair, d'un clivage facile, avec un grain fin et complètement exemptes de pyrites. Au delà de Dinas Lake, les recherches ont été peu nombreuses ; il faut attribuer ce fait plutôt à l'insuffisance des voies de communications qu'à l'infériorité de la qualité du schiste. D'ailleurs, actuellement le district est desservi par le *North Wales narrow gauge railway* de Carnarvon et la *Gorsedda junction line* de Portmadoc, aussi est-il probable que de nouvelles tentatives d'exploitation ne tarderont pas à être faites.

Les couches plongent vers l'est sous les roches éruptives et ne reparaissent que dans le voisinage du massif du Snowdon et du Moel-Hebog suivant la ligne 3A, où elles donnent lieu à une nouvelle série d'ardoisières, s'étendant depuis Tremadoc jusqu'à Conway. Le gisement se compose de deux veines fissiles, comme l'indique la coupe (*fig.* 4, Pl. XIII). La veine n° 1, la plus rapprochée du Snowdon, n'a jamais donné de bons résultats, probablement à cause du voisinage de ce grand accident géologique. La veine n° 2 est pour l'instant la seule qui soit activement exploitée à la grande carrière de Gorsedda, desservie par un chemin de fer spécial aboutissant à Portmadoc, près des villages de Beddgelert et de Cwm Cydd, à Caergos, Gwernlasdeg, enfin aux ardoisières de la *Snowdon slate Company*. Le schiste qui en provient est gris bleuâtre à clivage facile et grain fin, presque complètement exempt de pyrite ; aussi une partie des meilleures ardoises du North Wales sont-elles fabriquées sur les carrières que nous venons de citer.

Les couches de Llandeilo forment un nouveau fond de bateau et viennent affleurer sur le versant est de la vallée de Beddgelert, le long de la ligne 3B, depuis Trefrhiw sur le Conway jusqu'à Tremadoc. Au delà, vers le nord-est, l'abondance des pyrites rend impossible la

fabrication, et vers le sud-ouest le schiste est recoupé par un clivage transversal, qui le divise en prismes trop longs et trop étroits pour permettre l'exploitation.

Une nouvelle inflexion des couches nous reporte au sommet des collines de Cynicht et de Moelwyn, où nous trouvons les importantes ardoisières de Festiniog, situées sur la ligne 3C, entre Bettws y Coed au nord-est et Llanfrothren au sud-ouest, sur une longueur de 22 kilomètres et une largeur de 6.

Le tableau ci-dessous donne la liste des principales carrières actuellement exploitées.

ORIGINE.	PERSONNEL.	PROPRIÉTAIRES.	NOMS des ardoisières.	SITUATION.
1878	»	...... »	Blaen-y-Cwm.	Head of Machno Valley.
1801	»	...... »	Percival.	Duffwys.
Récente.	»	Bwich-y-Slaters Quarry C° (Chester)	Bwlch Slaters.	Head of Machno Valley.
»	»	Croesor New Slate C°....	Croesor Llanfrothren.	Cwm Croesor.
1845	516	Cwm Orthin Slate C°	Cwm Orthin.	Tan-y-Grisiau (Festiniog).
»	73	...... »	Cut y Bugail.	Heap of Machno Valley.
1876	»	...... »	Cynicht.	Cynicht Mountain.
1765	221	Diphwys Casson Slate C°. .	Diphwys-Casson.	Duffwys.
1864	»	Drum Slate C° (London). . .	Drum.	Llyn-y-Drum (Festiniog).
1850	»	...... »	Foel Gron.	Festiniog. N.
1870	»	...... »	Gethin.	Dolwyddelen.
1840	»	...... »	Graig Ddu.	Festiniog, N.
1835	»	...... »	Hollands.	Rhiwbrifdir.
1846	531	John W. Greawes et Sons . .	Llechwedd.	Blaenau (Festiniog).
1855	238	Maen Offern Slate C°.....	Maenoffern.	Id.
1865	»	...... »	Moelwyn.	Moel wyn Mountain.
1872	14	James Staveley Penrhyn-deudraeth..........	Park.	Llanfrothren.
Récente.	74	Prince Llewelyn Slate C° . .	Prince Llewellyn.	Dolwyddelen.
»	362	The Oakeley Slate quarries (London)	Oakeley Middle.	Blaenau (Festiniog).
»	524	...... »	Oakeley Upper.	Id.
1816	720	The Welsh Slate C° (London).............	Palmerston.	Id.
»	344	Vetty et Bowydd Slate C°. .	Votty et Bowydd.	Id.
»	192	New Rhosydd Slate et Slab C°..........	Rhosydd.	Tan-y-Grisiau.
»	96	Wrysgan Slate C°	Wrysgan.	Id.

On voit qu'il existe dans ce district plus de vingt ardoisières en activité, qui toutes sont situées dans un rayon de trois kilomètres autour du terminus du chemin de fer à voie étroite de Festiniog à Portmadoc.

La partie exploitable de la formation dépasse rare-

ment 50 mètres de puissance. Le schiste, qui pend au nord, sous un angle de 30°, est recoupé par des filons-couches de greenstone divisant le gisement en quatre veines distinctes nommées ***Flag***, ***Upper***, ***Old*** et ***South-veins***, comme l'indiquent les coupes, *fig.* 5, 6, 7, Pl. XIII. La puissance de ces filons-couches varie depuis $0^{m},30$ jusqu'à 12 mètres; les trois couches inférieures ***Upper***, ***Old*** et ***South***, ont une épaisseur totale comprise entre 30 mètres et 45 mètres; quant à la ***Flagbed*** ou veine supérieure, elle dépasse souvent à elle seule ce maximum, mais le schiste qu'on en extrait ne présente les qualités utiles de clivage et de composition qu'à une profondeur considérable. Partout ailleurs il ne peut être utilisé que pour la fabrication d'ardoises de qualité inférieure, ou en grandes dalles qui ne peuvent être marchandes qu'après le rabotage.

La veine dite ***Upperbed***, appelée aussi ***Backvein***, est de bonne qualité, mais elle contient généralement un assez grand nombre de petits lits de grès, parallèles au plan de stratification, qui recoupent obliquement le plan de fissilité en le détruisant partiellement.

La ***Old vein*** fournit les ardoises de qualité supérieure, c'est cette couche qui, dans la plupart des ardoisières du district, donne la plus grande partie de la production. Elle contient invariablement au toit la ***double clay slant*** ou 9 ***inch. stone***, consistant en deux lits d'argile blanche, ayant chacun $0^{m},003$ d'épaisseur, entre lesquels est interposée une couche de schiste de $0^{m},225$ d'une régularité remarquable : aussi ces couches d'argile sont-elles un guide précieux pour l'exploitant. Au-dessus du ***clay slant*** vient une veine de ***hard rock*** de $0^{m},60$ à $2^{m},40$ d'épaisseur, qu'on laisse parfois pour toit dans les travaux souterrains.

Le schiste de la couche inférieure appelée ***South vein*** est solide, aussi durable que celui de la ***Old***

vein, mais sa surface est plus rude, et la fente devient plus difficile.

Les ardoises du district de Festiniog sont gris bleuâtre et présentent une grande analogie avec celles d'Angers. On les distingue facilement de celles de Bangor, qui sont le plus souvent rouges et, pour cette raison, obtiennent quelquefois la préférence.

Au delà de l'anticlinal du Merionethshire, formé par la série cambrienne, nous retrouvons les assises de Tremadoc, d'Arenig, et, finalement, celle de Llandeilo : cette dernière présente sensiblement, près d'Aran Benllyn et Mawddy, la même composition que dans le dernier affleurement, où nous l'avons décrite ; il n'y a de lacune que dans la région comprise entre les collines d'Arenig et la ville de Bala, où l'on a lieu de croire qu'il y a chevauchement des couches de Bala sur celles de Llandeilo. Plusieurs tentatives d'exploitation ont été faites entre les monts Arenig et les monts Aran ; aucune n'a été suivie de succès, les schistes renfermant une trop grande abondance de pyrite de fer. Nous ne trouvons plus sur cet affleurement qu'un centre ardoisier important, celui de Corris, qui s'étend depuis Dinas-Mawddy jusqu'à Towyn, où les couches plongent sous la mer. La coupe *fig*. 9, Pl. XIII, donne la disposition des couches de ce district. On peut dire, en thèse générale, que, dans la région nord, le schiste est fort rude, aussi l'emploie-t-on surtout pour la fabrication des dalles, qui constituent une branche importante de la production de ce centre.

Les ardoises provenant de la région sud ont une couleur bleu grisâtre; la pyrite de fer et les autres impuretés, qui produisent la destruction rapide du schiste, y sont fort rares.

La *narrow vein* est pour l'instant la couche la plus exploitée, la *broad vein* ne renfermant que deux carrières importantes, celles de Minllyn et Abercwmeiddaw.

Le tableau suivant donne, d'ailleurs, le nom des exploitations avec l'indication des veines qu'on y travaille :

PROPRIÉTAIRES.	NOMS.	SITUATION.	EXPLOITATION.	OUVRIERS.	ORIGINE.
The Abercwmeiddaw Slate C°.	Abercwmeiddaw.	Corris.	mixte.	188	Broad vein.
M. Mac Connel	Aberganolwyn.	Bryneglwys.	souterraine.	297	Narrow vein 18[illegible]
A. D. Price, Cyfronydd, Welshpool	Aberllefenny.	Aberllefenny.	id.	175	Narrow vein 18[illegible]
George Gregory Tremlet (London)	Allt Goch.	Aberdovey.	id.	arrêtée.	Narrow vein 18[illegible]
Braich Goch Slate C° (Corris).	Braich Goch.	Corris.	id.	187	Id.
H. V. Hughes Cymeraw quarries (Corris)	Cymeraw.	Corris, N. E.	id.	29	Broad vein.
Braich Goch Slate C° (Corris)	Garwen.	Id.	id.	arrêtée.	Narrow vein 18[illegible]
Carlyle Slate et slab C° (Dinas-Mawddy).	Carlyle.	Minllyn.	id.	108	» »
»	Cambria Wynne.	Corris, S.	id.	»	Broad vein réc[illegible]
»	Cwm Odin.	Corris, N. E.	id.	»	Id.

Il ne nous reste plus, pour terminer la description de l'assise de Llandeilo, qu'à mentionner son dernier affleurement à l'Est dans le Montgomeryshire, suivant la ligne 3 E. La coupe *fig.* 10, Pl. XIII, donne la disposition des couches actuellement exploitées dans le voisinage de Llangynog. L'extraction se fait surtout dans les veines numéros 3, 5, 7, principalement dans les deux dernières; la veine numéro 9 n'a encore été reconnue que sur quelques points. Les ardoises de ce groupe sont d'un bleu foncé, un peu rudes, mais très solides et très durables. Malgré ces qualités et bien que ce district soit l'un des plus anciennement connus, l'industrie ardoisière y est restée fort limitée, faute de voies suffisantes de communication. La plus ancienne et la plus importante des carrières qu'on y rencontre est celle de Rhiwarth ; encore la production totale ne dépasse-t-elle guère 2.300 tonnes par an.

L'assise la plus élevée du silurien, dont on en extrait le schiste fissile, est celle de Wenlock, dans la Shropshire. La coupe *fig.* 8 permet de se rendre compte de la compo-

sition de ce groupe et de la position qu'il occupe par rapport à celui de Llandeilo, dont nous venons de parler.

Dans les schistes blanchâtres de Tarannon, qui forment l'assise de passage, on a ouvert quelques carrières, dont la plus importante est celle de Bettws-Gwerfylgoch, à Clegir. La qualité des ardoises étant très inférieure, l'exploitation n'a guère été poursuivie.

Actuellement, on n'utilise que la zone inférieure des schistes de Wenlock proprements dits, la zone supérieure n'étant qu'exceptionnellement fissile. Les intercalations de *hard rock* sont assez nombreuses, mais dans les entre-deux la pierre est de bonne qualité, fine, droite, suffisamment exempte de pyrites ; aussi donne-t-elle des ardoises qui, quoique inférieures à celles provenant des couches précédentes, sont parfaitement marchandes.

Les principales carrières sont les suivantes :

Clettwr, près Llanderfel ; Penarth, près Corwen ; Oernant et Cloggan, près Llangollen ; Llangollen slate et slab Company ; Glyndyfrdwy, entre Llangollen et Corwen, et Moel-Ferna, près de cette dernière ; Cambrian, à Glyn Ceiriog, et Wynne, la plus ancienne dans la même vallée. Dans le voisinage de Glyn-Ceiriog, de Corwen, Bettws-y-Coed, Llanrwst, il n'a été fait que des recherches.

La production totale en schiste manufacturé peut atteindre environ 20.000 tonnes dans ce district.

MÉTHODES D'EXPLOITATION.

Pour dépouiller les diverses couches qui viennent d'être décrites, les exploitants ont recours à différentes méthodes, que l'on peut classer de la manière suivante :

Exploitation à ciel ouvert.	En colline........	Gradins droits : à Penrhyn, à Llanberis.
	En fond de vallée....	Gradins droits : à Nantlle.

Exploitation souterraine.	En colline.	Gradins inclinés avec piliers abandonnés : à Festiniog, à Corris.
	. . . .	Tranches horizontales avec piliers abandonnés : à Corris, Aberllefenny Quarry.
	En colline et en plaine.	Gradins renversés avec ou sans piliers abandonnés : à Cwm Croesor, près Tan y Bulch.

Nous exposerons successivement ces diverses méthodes, en décrivant les principales ardoisières où nous les avons vu appliquer.

Exploitation à ciel ouvert.

L'exploitation en colline est très répandue, ainsi qu'on peut s'en rendre compte par l'examen de la disposition des couches sur la coupe générale. C'est par cette méthode que sont exploitées les deux plus grandes ardoisières du North-Wales. La plus ancienne, *Penrhyn Slate Quarry*, dont l'origine remonte au temps de la reine Elisabeth, est située à 6 kilomètres environ au sud-est de Bangor, à 1.500 mètres au delà du village de Bethesda; les couches qu'on y exploite ont été décrites précédemment (toutes celles du groupe cambrien du Carnarvonshire); nous rappellerons seulement que le plan de fissilité est sensiblement vertical et que les couches plongent sous une assez faible inclinaison dans le flanc de la montagne, haute en cet endroit de près de 400 mètres. La coupe *fig.* 1, Pl. XIV, donne une idée de la disposition générale de cette exploitation, dont l'aspect rappelle celui d'un immense cirque elliptique, ayant pour grand et petit axes 600 et 200 mètres.

La méthode employée est celle des gradins droits. Après avoir enlevé les affleurements des couches, délités sous l'action des agents atmosphériques, on a pratiqué une entaille, que l'on a poussée jusqu'à ce qu'elle présentât une face de franc rocher de 14 mètres de hauteur.

En ce point, on a immédiatement attaqué une nouvelle entaille semblable à la première et formé ainsi le premier gradin droit. On a continué de la même manière et taillé dans le flanc de la montagne 16 gradins de 14 à 15 mètres de hauteur, suivant les accidents qu'ont présentés les couches. Ces gradins, d'une largeur moyenne de 20 mètres, sont divisés en chantiers (*Bargains*) d'environ 12 à 15 mètres de longueur, donnés à de petites sociétés composées de 6 ouvriers, 2 *rockmen* et 4 fendeurs, payés à la tonne ou au mille d'ardoises fabriquées, suivant un tarif convenu. Le roulage des blocs aux ateliers de fente, l'enlèvement des déblais restent à la charge de la carrière, ainsi que l'outillage; les ouvriers ont l'entretien, la fourniture des explosifs.

Chaque mois, le *manager* fixe, s'il y a lieu, la valeur du *poundage* ou indemnité d'avancement propre à chaque chantier, suivant les accidents qu'il a rencontrés (*crych*, *post*, *sparry vein*).

Le roulage des matières utiles ou stériles se fait par chemins de fer desservant chaque niveau et aboutissant: d'un côté, aux ateliers de fente, de l'autre, au hottoir.

Des plans inclinés automoteurs descendent les ardoises fabriquées des différents étages et remontent les wagons vides. Les wagons pleins sont formés en trains et remorqués par locomotives, soit à Port-Penrhyn pour y être embarqués, soit à l'atelier de sciage.

Le service des gradins inférieurs, très voisins du fond de la vallée, a exigé un aménagement spécial. Afin de remonter sans frais les matières au niveau actuel des hottoirs, où sont établis les ateliers de fente et se débarrasser de l'épuisement des eaux, on a creusé au dernier banc un puits relié par un long coupement à une balance hydraulique, comme l'indique le croquis. Ce coupement sert à la fois à l'écoulement des eaux et à la circulation des wagonnets; une galerie, placée à un niveau inférieur,

évacue sur le flanc de la montagne les eaux de la carrière et celle de la balance alimentée par un cours d'eau capté à la surface ; ce même cours d'eau sert à actionner les moteurs des ateliers de réparation.

L'abatage se ressent beaucoup du mode employé pour le règlement des salaires. L'ouvrier au rocher ou *rockman* n'a qu'un but, celui de produire beaucoup, aussi s'occupe-t-il fort peu de l'aménagement général de son chantier et du danger qu'il peut y avoir à laisser des parties stériles pour aller directement au rocher franc. Attaché à une corde, il descend sur les anfractuosités qui se présentent sur la hauteur du banc et fore des trous, en les disposant de manière à utiliser autant que possible les délits naturels du rocher. Il n'emploie guère pour explosif que la poudre en grains, réservant le coton-poudre et la dynamite pour le sautage des parties stériles. Le tirage des mines a lieu toutes les heures ; au son de la trompe, les ouvriers se retirent à l'écart ou se réfugient dans des abris ; ils attendent, pour retourner à leur chantier, qu'un nouveau signal soit donné. L'emploi excessif des explosifs, le *décalabrage* (*) d'Angers érigé en méthode d'exploitation courante, la hauteur considérable des bancs, suffisent à expliquer le grand nombre d'accidents qui se produisent dans ces carrières.

Les blocs de schiste abattus sont « alignés » en morceaux de taille convenable pour être envoyés aux fendeurs. A cet effet le rockman, après avoir fendu le bloc en morceaux de forte épaisseur, le divise ensuite longitudinalement. Cette opération (*quernure en long* d'Angers), appelée *pillaring*, se fait avec une grande facilité sui-

(*) On appelle ainsi l'opération qui consiste à faire tomber les blocs menaçant la sécurité des ouvriers après une chute. Ce travail dangereux est confié à des mineurs spéciaux, qui l'exécutent suspendus à une corde en s'échafaudant suivant les circonstances.

vant la direction d'un certain plan, sorte de second clivage transversal, portant également le nom de *pillaring*, variable pour chaque exploitation. Il suffit d'un fort coup de marteau sur un ciseau appliqué au fond d'une entaille en forme de V, à l'une des extrémités d'un bloc de plus d'un mètre de long et de 7 à 8 centimètres d'épaisseur, pour produire la division suivant le pillaring.

Dans le cas où la longueur du bloc atteint plusieurs mètres, le rockman assure la direction du clivage en perçant au milieu un trou, dans lequel il introduit trois coins en fer formant aiguille infernale. Quelques coups de masse sur le coin en saillie suffisent à amener la fente.

Cette faculté du *pillaring*, que l'on retrouve aux Ardennes sous le nom de *longrain*, différencie complètement le schiste du Carnarvonshire de celui d'Angers et ne peut être comparée au *long* du schiste de ce dernier centre. La division en travers présente à peu près la même difficulté qu'à Angers ; aussi les ouvriers laissent-ils le plus souvent les morceaux à la longueur des blocs abattus après les avoir refendus à une épaisseur voisine de deux pouces, la subdivision en longueurs convenables devant se faire à l'atelier de sciage.

Dinorwic slate quarry, à Llanberis. — L'ardoisière de Dinorwic, aussi importante que la précédente, en est distante de quelques kilomètres seulement à vol d'oiseau. Elle est située sur le flanc de la montagne dominant la rive du lac Padarn, en face du village de Llanberis, et reliée par un embranchement spécial à la ligne du London and North Western railway. On y exploite les mêmes couches que dans la carrière de Penrhyn en suivant une méthode analogue à la précédente ; elle n'en diffère qu'en ce que les divers chantiers, au lieu d'être réunis, sont

séparés par des parties stériles (*hard-rock*) d'épaisseur parfois considérable et échelonnés sur une longueur de plus d'un kilomètre, avec une différence de niveau de plus de 300 mètres. Le banc supérieur n'arrive point encore au sommet de la montagne, et le plus bas est encore au-dessus du fond de la vallée qu'occupent les lacs Padarn et Peris, aujourd'hui bien retrécis par les déblais de l'exploitation.

Cette hauteur de 300 mètres est divisée en 6 étages d'environ 50 mètres, renfermant chacun trois ou quatre bancs de 12 à 16 mètres de hauteur; ces divers bancs sont desservis par des chemins de fer aboutissant aux ateliers de sciage et de fenderie ou aux hottoirs du même niveau avec traction par petites locomotives. Les étages sont reliés par des plans inclinés automoteurs, servant à la descente des matières fabriquées et installés dans d'excellentes conditions de fonctionnement; tous les chantiers communiquent entre eux par des tunnels pratiqués dans les parties stériles qui les séparent.

La coupe *fig*. 2, pl. XIV, donne une idée de la disposition générale de cette exploitation. L'abatage s'y fait exactement de la même manière qu'à la carrière de Penrhyn; la seule particularité consiste dans le renversement de grandes masses de stériles, ou *hard-rock* au moyen de petits fourneaux de mines.

Les produits descendus au niveau des rives du lac sont conduits par voie ferrée à leur port d'embarquement, Port Dinorwic, sur le détroit de Menaï.

Afin d'éviter aux ouvriers la fatigue de monter jusqu'aux gradins supérieurs, on les transporte dans un véhicule spécial étudié en vue d'une circulation facile sur les plans inclinés.

Exploitation en plaine.

Exploitation en plaine. — Les ardoisières de Nantlle sont situées près du petit village du même nom, à 4 kilomètres environ à l'est de Penygroes, station du London and North Western railway, à laquelle elles sont reliées par un embranchement spécial.

On y exploite une partie des couches du cambrien inférieur, en cet endroit verticales, dans des conditions présentant une analogie marquée avec celles d'Angers.

Voici comment on procède : la première opération consiste à enlever la partie supérieure du rocher délitée par l'action des agents atmosphériques, c'est la *découverture* des ardoisières d'Angers, avec cette différence, que ce travail ne demande qu'un temps assez limité, l'épaisseur de la masse à enlever dépassant rarement quelques mètres. Dès que le rocher découvert paraît suffisamment solide, on fixe perpendiculairement à la direction de la veine les extrémités de la carrière, souvent distantes de 80 mètres et davantage, afin d'installer le chevalement dont le croquis *fig.* 3, pl. XIV, représente la disposition la plus ordinairement adoptée. Ce chevalement repose directement sur le rocher découvert, et son emplacement, qui, à Angers, est toujours sur le chef ouest, à cause de la fréquence des délits nommés *érusses*, n'est déterminé à Nantlle que par des considérations de facilité de service, grâce à la solidité du rocher.

Une fois le travail de découverture achevé, commence l'exploitation proprement dite, consistant à ouvrir une foncée de 6, 12 et même 15 mètres de profondeur, suivant les ardoisières, puis à pratiquer la coupe des chefs à l'aide de la poudre, sans pouvoir par suite approcher de la régularité que l'on obtient à Angers avec l'emploi de la *pointe* (sorte de pic dont un seul bout est acéré). Les

gradins sont rangés de chaque côté à coups de mines, d'une manière tout à fait analogue à celle que nous avons indiquée pour les ardoisières de Bangor et de Llanberis. Ce travail se fait rarement avec toute la régularité désirable ; les ouvriers dans des situations dangereuses vont souvent au plus pressé et ne respectent que fort imparfaitement la direction générale de la foncée. On recommence alors une nouvelle foncée, de sorte que théoriquement l'ardoisière se présente comme l'indique la *fig.* 3, pl. XIV, je dis théoriquement, parce que dans la pratique les bancs sont loin d'avoir cette régularité à cause de l'imperfection signalée plus haut dans l'abatage et de l'encombrement par les débris, provenant de chutes de la surface insuffisamment aménagée, ou de déchets du travail des ouvriers.

En général à Nantlle le rocher offre très peu de délits naturels facilitant l'abatage ; aussi, dans quelques ardoisières, emploie-t-on la perforatrice Dixon, faisant des trous de 70 millimètres, que l'on charge de 7 à 10 kilogrammes de poudre, de manière à obtenir une division grossière du rocher, qu'on exploite ensuite en blocs de dimensions ordinaires. L'enlèvement des matières utiles et des débris assez considérables, provenant du travail au rocher, se fait au moyen de machines à vapeur d'environ 25 chevaux installées d'une façon rudimentaire, ou de roues hydrauliques, lorsque l'exploitation est en fond de vallée.

Nous retrouvons à Nantlle l'extraction au moyen du billon de conduite, qui ne diffère du mode usité à Angers, que par le système de *cayorne* ou poulie guide, représentée *fig.* 4, pl. XIV. Elle consiste en une poulie à gorge reliée en α à la chaîne d'extraction, laquelle passe sur une poulie mobile β qui soutient la caisse d'extraction, et de là, sur une nouvelle poulie γ reliée à la poulie-guide par un triangle solide $\alpha A \gamma$. Il est évident que,

lorsqu'en roulant sur le câble-guide la poulie vient buter contre un arrêt, la caisse d'extraction descend à l'aplomb de cet arrêt, ce qui en certains cas présente quelques avantages compensés d'ailleurs par de multiples inconvénients ; parmi ces derniers, les plus saillants sont l'usure qu'occasionne l'enroulement excessif sur des poulies qui ne peuvent être d'un grand diamètre ($0^m,50$ maximum) et l'obligation de marcher lentement, sous peine d'amener de fréquentes ruptures de chaînes. La caisse d'extraction consiste en un wagonnet en tôle plus petit que les *bassicots* d'Angers (*); aux quatre angles sont fixés des anneaux dans lesquels on engage les crochets de la chaîne d'extraction.

A son arrivée à la surface, l'axe de la poulie *a* est saisi automatiquement par deux crochets, de sorte qu'en renversant le mouvement du moteur, le wagon descend à l'aplomb sur la plate-forme mobile, que les receveurs font avancer au moyen d'un petit treuil. Ces wagonnets ne sont fermés que sur trois côtés, et bien que le chargement en soit fait avec un grand soin, leur circulation au-dessus de la tête des ouvriers n'en constitue pas moins un danger permanent sérieux.

Au sortir de la plate-forme, les wagonnets sont engagés sur la voie et remorqués, soit par chevaux, soit par petites locomotives, aux ateliers de fenderie.

Les chevalements sont parfois à quatre molettes, mais le plus souvent à deux ; quant au nombre des chevalements desservant une même carrière, il est fort variable, certaines ardoisières, notamment la *Salsparn quarry*, en ont jusqu'à cinq, habituellement il n'en existe que deux.

L'eau est peu abondante dans les carrières de Nantlle,

(*) Le bassicot est une caisse rectangulaire ayant : longueur, $1^m,50$; largeur, $1^m,10$, hauteur, $0^m,65$.

elle ne vient que par les infiltrations des terres au rocher, l'épuisement s'en fait soit par tonnes élevées par les machines d'extraction ou des roues hydrauliques puisant dans des réservoirs ou cuves pouvant retenir la venue d'eau de dix à douze heures, soit par pompes foulantes à simple effet; ce dernier mode d'épuisement est actuellement le plus répandu. Ces pompes sont rarement commandées directement; le plus souvent, entre le moteur et la pompe, existe une grande distance atteignant parfois 150 mètres, comme à la *Coed Madoc quarry;* le mouvement du moteur est transmis par tiges, équerres, câbles installés soit au jour, soit souterrainement, et tout à fait caractéristiques des exploitations anglaises; ce dispositif atteint une certaine complication lorsque le même moteur commande plusieurs tambours d'extraction et plusieurs pompes assez distants les uns des autres, ainsi que cela a lieu à la carrière précédemment citée.

Un dernier système d'épuisement est celui en usage à la *Ffron Henlog quarry*, qui consiste dans l'emploi d'une balance d'eau à tambour différentiel disposée de manière à évacuer toutes les eaux par une galerie d'écoulement, percée à mi-profondeur de la carrière et allant déboucher sur le flanc du plateau, à une assez grande distance. Cette ardoisière, située à quelques kilomètres à l'ouest du groupe le plus important des carrières de Nantlle, représentait, lors de notre visite en juillet 1883, non pas au point de vue du chiffre de la production, mais au point de vue du bon aménagement des travaux et de leur régularité, le meilleur type de la méthode d'exploitation en usage à Nantlle.

Exploitation souterraine.

Méthode de Festiniog par gradins inclinés avec piliers abandonnés. — Nous nous bornerons à compléter ici la

description des couches de ce district, que nous avons donnée en passant en revue les différents groupes de terrains ardoisiers.

Le plan de fissilité des quatre veines fissiles principales *Flag*, *Upper*, *Old* et *South*, est incliné dans le même sens que leur pendage sous un angle de 45°; ce dernier étant de 30° Nord magnétique, il en résulte que le plan de fissilité fait un angle de 15° avec le plan de stratification. Quant au second clivage ou *pillaring* dont nous avons déjà parlé en décrivant les exploitations précédentes, sa direction est d'environ 15° Nord magnétique et son pendage varie extrêmement suivant les localités.

Les principaux accidents ou délits qu'on rencontre sont des filons de calcite, qui détruisent ou modifient la fissilité sur une épaisseur souvent considérable, des plans de séparation, connus en gallois sous le nom de *coeth*, situés habituellement dans le voisinage des filons précédents, des failles et des *bevels* analogues aux *bavures* (*) du centre d'Angers. Quelquefois le rocher est rempli de délits appelés *posts* courant parallèlement à la direction des couches sur de grandes distances et formés par une bande de schiste d'épaisseur très variable (depuis quelques centimètres jusqu'à 10 mètres) recoupé en tous sens par des *fines*. Fait remarquable, de chaque côté de ces *posts* le rocher est parfaitement franc et donne des blocs qui peuvent atteindre jusqu'à 10 mètres de longueur. Mentionnons enfin dans le hard-rock et le schiste exploitable la présence de pyrites de fer disséminées en parties assez menues pour ne pouvoir être découvertes qu'après la fabrication des ardoises,

(*) On appelle ainsi des plans de séparation avec ou sans remplissage argileux, dirigés suivant le fil de pierre et recoupant le plan de fissilité.

qui prennent alors une teinte rousse sous l'action de l'air humide.

Presque toutes les carrières de Festiniog sont situées au-dessus du fond de la vallée ; on les exploite d'après une même méthode, qui se pratique comme suit (*fig.* 7 et 8, pl. XIV) : lorsque par une série de recherches le schiste a été reconnu propre à la fabrication, on commence par pousser au toit de la couche une galerie en direction ou *tunnel* de $2^m,10$ sur $2^m,10$, qu'on prolonge jusqu'au point extrême où doit se poursuivre l'exploitation. C'est suivant la direction du *pillaring*, faisant un angle de 75 degrés ouest avec celle de la galerie B, qu'on ouvre les *bargains* ou chantiers, et qu'on réserve les piliers. La largeur d'un bargain varie de 10 à 40 mètres, elle est déterminée d'après la solidité du hard-rock qui forme le toit, la nature et la position des délits. Quant aux piliers (*walls*), leur épaisseur est généralement moitié de la largeur de la chambre. Pour ouvrir un *bargain*, on perce suivant le *pillaring*, à l'extrémité la plus à l'ouest, une galerie montante E (*fig.* 8) ou *roofing-level* de $1^m,80$ de haut sur $1^m,20$ de large ; lorsque ce chantier est suffisamment avancé, on commence le *roofing* ou taille de la voûte, suivant la ligne FG et on continue ce travail jusqu'à ce que tout le *bargain* soit ouvert sur une hauteur de $1^m,20$. — Les mineurs pratiquent alors au-dessous du *roofing-level* DE une foncée (*free-side* ou *bôn*), suivant le *pillaring* de manière à donner un second dégagement à la pierre ; cette foncée n'est pas nécessairement à l'extrémité ouest du *bargain*, on profite pour l'exécuter des délits naturels qu'on rencontre dans la largeur du chantier. Dans tous les cas, le dégagement du toit doit être maintenu en avance sur le *free-side* et le *free-side* en avance sur le front de taille.

Pendant qu'on exécute au premier étage les travaux que nous venons de décrire, on pousse à 17 mètres au-

dessous, dans les mêmes conditions, une galerie B', et ainsi de suite jusqu'au fond de la vallée, en ayant soin de maintenir les travaux du premier étage en avance sur ceux du second.

L'alignement des piliers et des *bargains* est d'ailleurs ménagé de telle sorte que finalement les diverses chambres forment une suite d'excavations séparées par des murs continus. On préfère ne pas donner aux étages une hauteur supérieure, à 17 mètres, parce que les blocs détachés au moment de l'abatage se briseraient en tombant ou en glissant le long du gradin ; d'autre part, on ne pourrait la réduire qu'en augmentant les frais des travaux préparatoires. Pour maintenir la voie BB à l'étage n° 1, lorsque le schiste a été enlevé par suite de l'exploitation de l'étage n° 2, on suspend des ponts de bois au toit à l'aide de chaînes et de tringles ; on établit également des ponts transversaux le long des piliers de manière à maintenir les communications nécessaires jusqu'à la fin de l'exploitation de toutes les chambres. La ventilation obtenue, en perçant une galerie ou en fonçant un puits, est le plus souvent suffisante pour assurer l'évacuation de la fumée des mines ; dans quelques cas, néanmoins, on a dû recourir à la ventilation mécanique. Les travaux préparatoires que nous venons de décrire sont exécutés par des mineurs qui emploient pour le sautage de la roche le coton-poudre et la dynamite. Le travail de l'abatage proprement dit, qui commence alors, est confié à des ouvriers spéciaux, les *rockmen*, correspondant aux *ouvriers d'à bas* du centre d'Angers. L'arrachement des blocs est exécuté par eux d'une manière méthodique, en utilisant les délits naturels, parallèles à la couche, généralement distants de 1 mètre à $2^m,50$, les délits perpendiculaires ou obliques par rapport à la stratification, enfin le plan de *pillaring*. La première opération consiste à couper le pied du banc

au niveau de l'étage; soit au pic et à la barre, s'il y a un délit naturel, soit à la mine, dans le cas contraire, ce qui produit un grand déchet; on a, paraît-il, employé pendant quelque temps des machines pour faire ce travail, mais on a dû y renoncer, vu leur faible rendement. La coupe terminée, le *rockman* perce un trou de 30 millimètres de diamètre, perpendiculairement à la stratification et à une distance du *free-side* variant de $1^m,30$ à 2 mètres, puis il le remplit entièrement de poudre, sans faire aucun bourrage. L'explosion d'une ou plusieurs charges dans ces conditions suffit à produire le *pillaring* du schiste jusqu'au délit le plus voisin, sans toutefois l'étonner. Dans le cas où il n'existe pas, à profondeur convenable, un délit suivant la stratification, on pratique un trou de mine horizontal du côté du *free-side* qu'on charge de 5 centimètres de poudre; en bourrant légèrement, l'explosion produit la fente du bloc et on peut alors tirer la mine de *pillaring* qui achève de le dégager complètement. Les blocs que l'on obtient ont environ 4 mètres de long, $1^m,20$ de large, 1 mètre d'épaisseur; on les fait glisser à l'aide de leviers jusqu'au niveau de l'étage, puis, on les divise suivant le *pillaring* et le clivage, au moyen d'un marteau et d'un ciseau, en dalles de 50 centimètres de largeur et 10 centimètres d'épaisseur, convenables pour le travail des scies. Le chargement sur les wagonnets se fait à l'aide d'une chèvre munie d'un treuil, qui sert au besoin à la manœuvre des grosses pièces.

Telle est la méthode d'exploitation dite de Festiniog qu'on rencontre également appliquée à quelques ardoisières du centre de Corris, dans la *Narrow vein*.

Le dessin d'ensemble (*fig.* 5 à 8, pl. XIV), représente l'une des dispositions adoptées pour l'attaque des couches; mais suivant la situation de ces dernières et l'état des lieux, la position des galeries d'approche

peut varier. Ainsi aux carrières de Llechwedd et de Maenoffern, près Duffwys, qui, après avoir commencé l'exploitation à ciel ouvert, ont dû l'arrêter par suite de l'épaisseur trop considérable des masses à enlever, et la remplacer par l'exploitation souterraine, on a descendu suivant le mur de la couche une galerie de roulage reliée par des travers bancs aux différentes chambres de chaque niveau. L'extraction des matières se fait au moyen de balances d'eau; une galerie spéciale, à un niveau inférieur évacue sur le flanc de la montagne les eaux provenant de la balance et de la surface.

Toutes les ardoisières du district de Festiniog sont exploitées au-dessus du fond de la vallée; la carrière de Lord Palmerston, ainsi appelée du nom de l'un de ses principaux actionnaires, fait seule exception dans ses quatre derniers étages. L'extraction des matières utiles et de l'eau s'effectue au moyen de machines à colonne d'eau et de machines à vapeur. Cette ardoisière exploite la partie inférieure de la montagne située près de l'entrée du tunnel que traverse le chemin de fer du London and North Western, en quittant la gare de Festiniog, en vertu du bail (*lease*) consenti par le propriétaire, M. Oakeley; à l'expiration de ce *lease*, dans huit années, l'exploitation de cette ardoisière sera continuée par la société concessionnaire de la partie supérieure *Upper* et *Middle Oakeley*.

Aujourd'hui la montagne est ainsi divisée dans sa hauteur d'environ 500 mètres :

Upper Oakeley,	12 étages de 50 pieds	....	600 pieds
Middle Oakeley,	10 —	....	500
Lower Oakeley,	8 ét. au-dessus du fond de la vallée		400
	4 étages au-dessous.		

Entre Festiniog et Cwm Orthin, distants d'environ 1.400 mètres, existent aujourd'hui 56 chambres juxta-

posées avec piliers, réparties par moitié sur les deux concessions de Oakeley et Cwm Orthin.

Nous donnerons maintenant quelques renseignements sur le prix des divers travaux que nous venons de décrire.

La galerie BB (*fig.* 5 à 8, pl. XIV) que l'on pousse au début de l'exploitation, mesure ordinairement 2^m,10 de côté ; le mètre d'avancement en est marchandé aux mineurs au prix de 70 francs environ; ce prix comprend les frais de roulage des débris au hottoir, de poudre et autres approvisionnements. Les équipes sont formées de deux hommes, qui en deux postes avancent d'environ 37 centimètres par vingt-quatre heures.

Le prix moyen du yard d'avancement (90 centimètres), peut se décomposer comme suit :

Main-d'œuvre, 4 hommes, 9^j,5 à 5 francs		47^f,50
Approvisionnements.	Chandelles	2 ,50
	Mèches à mines	1 ,25
	Coton-poudre	3 ,75
	Poudre noire	3 ,75
	Forgeron	0 ,60
Roulage des débris au hottoir		4 ,15
Caisse de secours, 1^f,25 par homme et par mois		0 ,40
Prix du yard		63^f,90

Prix du mètre $\frac{63^f,90}{0^f,90} = 70$ francs.

Ce prix varie suivant la direction de la galerie, la disposition et la dureté du schiste, la nature du toit et la fréquence des délits.

Dans le quartz ou le hard-rock le prix du mètre linéaire de galerie de 2^m,10 de côté, varie de 150 à 225 francs, et l'avancement atteint de 3 à 5 mètres par mois avec deux postes par jour. Un *roofing level* de 1^m,80 sur 1^m,20 coûte de 25 à 50 francs le mètre linéaire et peut être poussé de 6 à 12 mètres par mois.

L'élargissement du *roofing* est payé à raison de 6f,25 à 10 francs le mètre carré, compris approvisionnements et main-d'œuvre, le roulage des débris au hottoir restant en dehors.

Lorsque le schiste est impropre à la fabrication de l'ardoise, les frais d'abatage et de roulage peuvent s'établir comme suit :

	Par tonne.
Abatage	0f,50
Roulage au hottoir	0 ,40
	0f,90

Ce prix atteint 1f,25 et même plus lorsque les conditions sont défavorables (*).

Méthodes de Corris par tranches horizontales avec piliers abandonnés. — L'ardoisière d'Aberllefenny, la seule où nous ayons vu employer cette méthode, est située à trois kilomètres environ au nord de Corris, près de l'entrée d'une petite vallée, où coule un ruisseau, le Llefeni, tributaire de la rivière Dulas.

Les couches de cette région ayant été précédemment décrites, nous nous bornerons à noter ici les particularités qui intéressent plus spécialement l'exploitation, en ayant recours à une intéressante étude du docteur C. Le Neve Foster, inspecteur des mines métalliques du North-Wales (**).

Deux des veines ou couches du district sont exploitées à Aberllefenny; la principale a une puissance moyenne de

(*) Nous avons emprunté une partie des renseignements qui précèdent à un intéressant travail de MM. Langley et Bellamy, sur les ardoisières de Festiniog.

(**) C'est grâce à l'obligeance de cet éminent ingénieur que nous avons pu étudier avec fruit l'industrie minérale du pays de Galles; qu'il nous soit permis ici de lui exprimer toute notre reconnaissance.

18 mètres, sa direction est N. 34° à 44° E. et son pendage 70° au sud-est. Par suite de l'élévation des flancs de la vallée, qui atteint près de 240 mètres au-dessus du niveau du ruisseau qui l'arrose, l'attaque de la veine peut se faire aisément par galeries d'approche.

La nature et la position des différents délits qui affectent les veines ardoisières influant beaucoup sur la méthode d'exploitation, nous mettrons en évidence ces divers caractères à l'aide de la *fig.* 9, pl. XIV, qui donne une coupe transversale de la couche principale d'Aberllefenny.

Le mur en est formé par le *spotted-rock* A; c'est un schiste tacheté, imparfaitement fissile, renfermant souvent de la pyrite de fer; le plan de contact D E avec la veine B est connu sous le nom de *bottom-slip;* enfin, au-dessus de B, vient le *hard-rock* C, couche de grès gris bleuâtre, avec schiste interstratifié.

Le plan de fissilité présente un pendage inverse de celui de la veine et fait un angle de 2 à 3 degrés avec la verticale; quant au plan de *pillaring*, sa direction est ici N.-W — S.-E. et son plongement de 80° au N.-E. Des délits plus ou moins francs traversent la veine du toit au mur; on désigne sous le nom de *foot-joints* ceux marqués FF sur les coupes *fig.* 9 et 10, pl. XIV, et de *back-joints* ceux BB de la figure 10, qui représente les deux sortes de délits tels qu'on peut les distinguer dans une coupe suivant la direction de la veine. Les *foot-joints* sont distants de 0^{m},60 à 3 mètres; les *back-joints* courent perpendiculairement à la dirction et plongent rapidement, soit au N.-E., soit au S.-W.; dans ce dernier cas, ils se confondent souvent avec le plan de *pillaring*. L'intersection de ces différents accidents entre eux a pour conséquence la division naturelle du schiste en parallélipipèdes grossiers.

L'exploitation se fait par piliers et chambres succes-

sives, suivant la direction du pendage, et l'abatage proprement dit par tranches horizontales de haut en bas sans aucun remblayage. Les piliers, disposés comme l'indique la coupe théorique *fig.* 13, pl. XIV, ont en direction une longueur de 8 à 10 mètres et une largeur qui est celle de la veine elle-même; quant aux chambres, leur longueur est fort variable, atteignant parfois 30 mètres et même 56 mètres, suivant la qualité du schiste; on a d'ailleurs bien soin de laisser en place les parties de la veine où les *back-joints* sont assez rapprochés pour diviser le rocher en blocs trop petits pour être utilisés, de sorte qu'en réalité l'exploitation se présente comme l'indique la *fig.* 12, les hachures montrant les piliers et le schiste inexploité, et les parties blanches représentant les chambres qui ont été creusées. Actuellement la colline est divisée sur toute sa hautenr en 6 étages de $26^m,66$, desservis chacun par une galerie de roulage de $2^m,10$ sur $2^m,10$, poussée en direction suivant le *bottom-slip*.

Supposons que la veine ait été exploitée jusqu'au niveau $\alpha\ \beta$ (*fig.* 11): on commence par pousser à $26^m,66$ au-dessous, en direction et suivant le délit DE de la *fig.* 9, une nouvelle galerie d'approche; on fonce alors un puits DC de $1^m,80$ sur $2^m,10$, partie en descendant, partie en remontant; une chaîne, placée transversalement entre le toit et le mur, sert à amarrer une poulie sur laquelle passe un câble tombant à l'aplomb du puits, et pouvant être actionné par un puissant treuil dans la galerie A. Ces travaux préparatoires terminés, les mineurs pratiquent le long du mur, sur toute la longueur de la chambre, une première foncée ou *opening* de $1^m,20$ de large et d'une profondeur suffisante pour atteindre le prochain *foot-joint*, puis une seconde (*loose-end*), ayant mêmes dimensions perpendiculairement à la première (*fig.* 14, pl. XIV et *fig.* 1, 2, 3, pl. XV). Ils cèdent alors la place aux *rockmen* chargés spéciale-

ment de l'abatage ; ceux-ci, pour achever de dégager le schiste, commençent par produire le clivage à l'aide d'une mine verticale A (*fig.* 2, Pl. XV), distante de 2 mètres de l'*opening*, chargée de $0^m,05$ à $0^m,08$ de poudre légèrement bourrée. Dans le cas où la fente produite est insuffisante, au lieu de recharger le premier trou, ils préfèrent remplir la fissure de poudre sur toute sa longueur et y mettre le feu directement. Ce procédé, pratiqué en Angleterre à cause du bon marché des explosifs, donne d'excellents résultats. Ceci fait, il ne reste plus qu'à produire une ligne de séparation suivant CD en utilisant dans ce but, soit un *back-joint* s'il y en a un convenable, soit le *pillaring ;* dans ce dernier cas, l'ouvrier frappe des coins dans une rigole de $0^m,025$ ménagée suivant C D, et, si la fente tarde à se faire, il pratique, à partir de l'*opening* et suivant la direction du *pillaring*, un trou de mine qu'il remplit complètement de poudre sans bourrer. L'explosion achève de détacher complètement le bloc, et il ne reste plus qu'à le renverser à l'aide de coins et de barres et à le refendre en pièces pesant deux à trois tonnes. Les blocs ainsi refendus sont accrochés à la chaîne d'extraction et descendus, par le puits DC, jusqu'à la galerie de roulage C, puis transportés par chemin de fer jusqu'à l'extérieur. Des plans automoteurs les amènent au niveau de l'atelier de sciage, où ils sont transformés en dalles et ardoises de toiture. On continue ainsi à détacher le schiste bloc par bloc et, lorsque le chantier est suffisamment élargi, on approfondit le *opening* et le *loose-end* jusqu'au *foot-joint* suivant, de sorte qu'au bout de quelque temps les travaux présentent un profil en gradins tel que celui de la *fig.* 4, Pl. XV.

Les travaux dans la veine principale d'Aberllefenny se poursuivent des deux côtés de la vallée ; ceux du côté N.-E. fournissent du schiste convenable, surtout pour la

fabrication des dalles, et ceux du côté S.-W. du schiste particulièrement propre à la fabrication des ardoises pour toitures. Cette méthode d'exploitation donne de bons résultats au point de vue de l'utilisation du rocher; néanmoins nous ne l'avons retrouvée dans aucune autre ardoisière exploitant le prolongement des mêmes couches, par suite de la moindre fréquence et régularité des délits naturels *back-joints* et *foot-joints*.

A la *Braich-Goch slate quarry*, notamment, située près du terminus du chemin de fer à voie étroite de Corris à Macchynleth, on exploite six étages dans le flanc de la montagne, suivant la méthode de Festiniog, modifiée dans quelques détails d'exécution. La galerie de roulage est derrière le mur de la couche et reliée aux diverses chambres par des travers-bancs que l'on pousse jusqu'au toit pour commencer l'exploitation. Le plan de fissilité étant à peu près vertical comme à Aberllefenny, l'abatage se fait théoriquement avec trois gradins d'environ 7 mètres de hauteur par étage; mais, en pratique, on ne distingue guère sur la hauteur de l'étage qu'un seul gradin sur les anfractuosités duquel sont logés les *rockmen;* parfois même ils travaillent échafaudés sur de hautes échelles. Dans ces conditions les ouvriers détachent d'abord, au moyen de fortes mines, d'énormes blocs, qui se brisent moins facilement dans leur chute, et ils les exploitent ensuite au niveau de l'étage. Cette méthode, avec le soin que l'on apporte à Braich-Goch à son application, donne des résuliats satisfaisants; nous y avons vu diviser des blocs de 7 mètres de longueur sur $1^{m},20$ de largeur, et l'on amène couramment à l'atelier de sciage des pièces de 4 à 6 mètres de longueur sur 1 mètre à $1^{m},20$ de largeur.

Méthode de Park, par gradins renversés, avec ou sans piliers abandonnés. — Cette méthode n'est encore appli-

quée qu'à l'ardoisière de *Park*, située dans la vallée de Cwm-Croesor, à trois *miles* de Tan y Bwlch. Elle appartient donc au groupe de Festiniog. La principale veine exploitée présente ici un pendage d'environ 45°, avec toutes les particularités précédemment décrites, qui caractérisent les schistes de ce district. On a employé pendant longtemps, à cette ardoisière, la méthode générale ; mais depuis deux années M. William Kellow, le *manager* actuel, y a renoncé pour appliquer une méthode nouvelle combinée par lui et fondée sur l'angle de *pillaring*. Voici comment on doit la pratiquer.

On fonce un puits incliné suivant le mur de la couche ; lorsqu'on est arrivé à la profondeur convenable, la plus grande que l'on désire atteindre, en A par exemple (*fig.* 5, Pl. XV), on commence à pousser une galerie en direction, ayant à peu près la même section que le plan incliné. C'est le long de cette galerie qu'on ménage une série de chantiers montants, de 20 mètres de largeur environ, séparés par des piliers de 10 mètres. Pour l'ouverture de ces chambres on commence, comme dans la méthode de Festiniog, par pousser une galerie montante, puis on ménage l'*opening* et le *roofing* avec cette seule différence que l'on va de bas en haut. Le front de taille de ces chantiers (*fig.* 7, 8, Pl. XV) se présente donc comme une série de gradins renversés où les ouvriers s'échafaudent pour travailler sur les déblais provenant de l'abatage. Lorsque ces derniers ne suffisent pas pour le remblayage, ce qui est rare, on a recours à des coupements pratiqués dans le toit de la couche. Les blocs sont descendus à la galerie de roulage B par des galeries inclinées, ménagées dans les remblais, le long des piliers. Lorsque les voies *c*, *c*, *c* (*fig.* 5) ont, par suite de l'avancement des travaux, atteint une grande longueur, l'entretien et le roulage seraient fort onéreux : aussi trouve-t-on plus avantageux, dans ces conditions, de pratiquer

une nouvelle voie B'. Il est évident qu'il peut y avoir plusieurs étages en exploitation.

L'extraction des eaux et des matières utiles se fait par le plan incliné A (*fig.* 6, 7), sur lequel les wagons sont traînés par une machine à vapeur ou une roue hydraulique.

Nous venons de décrire la méthode d'exploitation telle qu'elle devrait être appliquée. En réalité, la disposition des travaux à Park présente quelque différence par suite du changement de système d'exploitation. On a conservé la galerie d'entrée au fond de la vallée. Cette galerie atteint la couche au bout d'environ 30 mètres et se continue par un plan incliné (*fig.* 30) allant rejoindre à une douzaine de mètres au-dessous de son niveau le mur de la couche, suivant lequel est creusée la galerie de direction desservant les différents chantiers. Une roue hydraulique de 12 mètres de diamètre et de $0^m,70$ de couronne remonte sur le plan incliné, jusqu'à l'extérieur, les eaux et les matières utiles.

ROULAGE.

Le transport du schiste brut ou manufacturé, entrant pour une part importante dans le prix de revient des ardoisières anglaises, est partout installé dans de bonnes conditions.

Dans toutes les exploitations, quelle que soit leur importance, les chemins de fer sont en usage. La largeur de voie que l'on retrouve dans toutes les carrières du North-Wales est de $0^m,60$, soit $0^m,587$ entre rails ; c'est aussi celle du fameux chemin de fer à voie étroite de Festiniog à Portmadoc, dont le trafic annuel en ardoises seulement dépasse 120.000 tonnes (*). Le type de rail le plus en

(*) Durant l'année 1882, ce petit chemin de fer a transporté 128.677 tonnes d'ardoise.

usage est celui à simple champignon, du poids d'environ 8 kilogrammes par mètre ; on le fixe à l'aide de crampons sur traverses distantes de 0m,90.

Pour les voies volantes, ou celles peu actives, on emploie parfois pour rail un simple fer plat ou même un fer rond de 40 millimètres de diamètre, fixé seulement sur les traverses par ses deux extrémités recourbées.

Les frais d'établissement d'une voie simple de 0m,587, en terrain ordinaire, sans grands terrassements ni ponceaux autres que les caniveaux livrant passage aux petits ruisseaux, s'élèvent environ à 7.300 francs par kilomètre, soit 11.667 francs par *mile* se décomposant comme ci-dessous (*) :

24 tonnes de rails de 8 kilog. à 168f,60 les 1.000 kilog.	4.046 fr.
1.800 traverses à 1f,55 l'une.	2.790
Éclisses et crampons.	375
Façon de la voie, pose des rails, ballast, au maximum 2f,77 le mètre × 1.609 mètres.	4.456
Prix par *mile*.	11.667 fr.

Les plans inclinés automoteurs, pour descendre les produits fabriqués des montagnes où sont exploitées les ardoisières, sont bien établis. Le plus souvent ils sont à double voie de quatre rails, parfois à trois rails, avec croisement, et très rarement à deux rails. L'installation complète d'un plan incliné dans des conditions ordinaires à la voie de 0m,587 (intérieur) revient à environ 29 francs par mètre, suivant détail ci-dessous, dressé d'après l'établissement d'un plan incliné de 277 mètres de longueur.

(*) Ces renseignements sont empruntés à l'ouvrage de Davies, déjà cité.

Main-d'œuvre pour terrassements, pose des rails, ballast, construction du massif du tambour et mise en place; double ligne de rails de 8 kilog.	3.625 fr.
Tambour de $1^m,35$ de diamètre, galets de roulement du câble ($0^m,20$ de diamètre), frein.	1.250
320 traverses à $1^f,55$ l'une.	496
9 tonnes de rails de 8 kilog., à $168^f,60$ les 1.000 kilog.	1.517
200 kilog. éclisses crampons, à $37^f,50$ les 50 kilog. . .	150
350 mètres câble d'acier de 25 millim.	750
Total pour une longueur de 277 mètres. . .	7.788 fr.

Soit 29 francs par mètre.

La traction sur ces chemins de fer à voie étroite s'effectue par vapeur ou par chevaux.

La traction à vapeur est exclusivement adoptée aux carrières de Penrhyn et de Dinorwic ; on la retrouve également à la Salsparn Quarry à Nantlle ; la traction par chevaux est seule actuellement en usage aux autres ardoisières des groupes de Nantlle, Corris, Festiniog.

Les locomotives employées sont de deux types : 1° Type construit par de Winton et Cie, ingénieurs à Carnarvon. — Cette locomotive repose sur quatre roues couplées ; elles est à deux cylindres verticaux commandant directement l'arbre à vilebrequin. (Diamètre du cylindre, $0^m,140$. Course $0^m,250$).

Poids avec approvisionnement d'eau et de charbon, 3.800 kilogrammes.

Pression dans les cylindres, 11 kilogrammes par centimètre carré.

Force de traction, 850 kilogrammes, équivalente à 53 *tons* en palier ou 14 *tons* en rampe de 1/36.

Contenance du réservoir d'eau, 454 litres.

Contenance des soutes à charbon, 150 kilogrammes.

Hauteur au-dessus des rails, $1^m,95$; largeur, $1^m,275$; longueur, $2^m,75$.

2° Type construit par Spooner et Cie, ingénieurs à Portmadoc.

Cette locomotive est à deux cylindres horizontaux, actionnant directement l'arbre à vilebrequin. Les cylindres ont 0^{m},153 de diamètre, 0^{m},254 de course; les quatre roues couplées, 0^{m},508 de diamètre. La longueur totale est de 3^{m},84; la largeur de 1^{m},525. Le poids total, approvisionnements compris, atteint 4.560 kilogrammes. Cette machine peut remorquer en palier une charge de 120 *tons* avec une vitesse de 12 kilomètres à l'heure.

Les locomotives du type de Winton sont les plus répandues; à Dinorwic quarry (Llanberis) elles vont prendre les wagons au pied des bancs en exploitation; à Salsparn quarry (Nantlle) elles sont attelées aux wagons au sortir du pont roulant de la recette et les conduisent aux ateliers de fendeurs, sans que leur fonctionnement semble souffrir des inégalités que présente la voie, établie sur des buttes grossièrement nivelées.

Les wagonnets sont construits en tôle, sauf ceux spéciaux au transport des dalles, qui sont en bois. Ils mesurent habituellement 1^{m},80 $\times$ 0^{m},80 $\times$ 0^{m},50; ils pèsent vides 600 kilogrammes et pleins 2.500 kilogrammes.

ÉCLAIRAGE.

L'éclairage des ardoisières souterraines se fait comme dans toutes les mines du Cornwall au moyen de la chandelle de suif traditionnelle, enveloppée en son milieu d'une pelote de terre glaise servant à la fixer au chapeau ou au rocher; chaque ouvrier porte pendues à sa veste 5 à 6 *candles* pour la consommation de la journée.

L'éclairage ainsi obtenu est absolument insuffisant; de plus son usage présente de nombreux inconvénients, dont le moindre consiste dans l'obligation pour l'ouvrier de dégager toutes les 20 minutes le sommet de la chandelle de l'argile qui l'entoure. Nous n'avons pas entendu

dire qu'aucun autre système d'éclairage ait été essayé jusqu'à ce jour. Les contremaîtres seuls portent des lampes à pétrole à double courant d'air.

FABRICATION DES ARDOISES ET DES DALLES.

Les blocs, extraits et divisés comme nous l'avons dit précédemment, sont conduits aux ateliers de fenderie. Ces derniers consistent généralement en petites huttes, grossièrement construites avec les débris et sont situées à l'entrée des différents niveaux. Chaque hutte abrite un fendeur (*splitter*) et un rondisseur (*dresser*).

Voici comment ils procèdent. Le fendeur est assis sur un petit banc très peu élevé au-dessus du sol ; les blocs à *repartonner* (*) sont placés à sa gauche recouverts de terre, afin de les préserver de l'action de la chaleur et du froid qui nuit également à la fissilité ; il a comme outils un marteau en bois, cerclé de fer et trois ou quatre ciseaux, d'une largeur de tranchant variant de $0^{m},05$ à $0^{m},075$ et d'une longueur de $0^{m},25$ à $0^{m},32$ (*fig.* 13, Pl. XV). L'ouvrier, après examen du morceau ou réparton, l'appuie contre sa cuisse gauche, en ayant soin de tourner vers le haut la rive (perpendiculaire au *pillaring*) la plus franche. Il place alors son ciseau au centre, fait deux ou trois entailles sur la même ligne, replace son ciseau au centre en l'enfonçant plus profondément et achève la séparation du feuillet en insérant un second ciseau, dont il se sert simultanément avec le premier pour faire levier. Parfois, lorsque le schiste est traversé par des bandes de matières non homogènes, il lui faut avoir recours à un troisième ciseau qu'il enfonce par côté. Les feuillets ou fendis ainsi obtenus sont placés à sa droite.

(*) Expression employée à Angers pour désigner le travail de division des blocs qui précède la fente.

Le rondisseur (*dresser*) est assis devant un petit billot, sur lequel est fixée une lame d'acier, comme l'indique le croquis *fig.* 16, pl. XV ; de la main droite, il tient un lourd couteau (*knife*) (*fig.* 14, 15, pl. XV), dont il se sert pour commencer à tailler à petits coups le fendis sur la lame d'acier, suivant deux directions rectangulaires ; il trace alors, au moyen d'une règle à crans (*fig.* 17), munie d'une pointe, les deux autres côtés de l'ardoise, à la dimension requise, en s'appuyant sur les côtés de l'angle droit qu'il a ménagé.

L'ardoise taillée est rangée en deux ou trois catégories, comptée à raison de 1.300 par mille (la carrière envoie 1.280 au port d'embarquement et charge 1.260), examinée et finalement payée suivant ses dimensions.

On trouve en général attachés à un chantier un ou plusieurs *rubblers*, habituellement les fils de fendeurs, faisant leur apprentissage, qui recherchent, parmi les morceaux rejetés par les ouvriers au rocher, ceux qui sont susceptibles encore de donner de l'ardoise.

Ce mode de fabrication, tel qu'il vient d'être indiqué, est celui le plus en usage à Nantlle, où deux ardoisières seulement ont monté des ateliers de sciage. Dans les centres de Penrhyn, Llanberis, Corris, Festiniog, l'outillage mécanique a pris une grande extension.

Afin d'éviter le déchet résultant de la division de la pierre suivant son travers, opération qui ne se fait pas plus facilement qu'à Angers, on a eu recours aux scies circulaires pour effectuer cette séparation. Les bancs les plus en usage sont ceux fabriqués par Spooner à Portmadoc et de Winton à Carnarvon, tous à scies fixes et à tables mobiles sur galets. Les blocs, amenés à l'atelier, sont refendus à l'épaisseur de 0^{m},05 environ, divisés suivant le *pillaring* et placés au nombre de trois ou quatre sur la table, où ils sont rapidement sciés suivant la direction du travers, aux longueurs maxima des échan-

tillons que comporte leur largeur. Le plus souvent la scie tourne dans une auge pleine d'eau, afin d'éviter que, par son échauffement, elle n'altère la fissilité, qui ne se conserve entière que par la présence de l'humidité. On emploie dans quelques ardoisières de Festiniog et Llanberis une scie spéciale à dents circulaires convenant bien pour le sciage du *hard-rock*. Les scies employées ont environ $0^m,50$ de diamètre, la denture droite, un pas de 14 millimètre, et une voie de 4 à 5 millimètres; elles ont une vitesse de 25 à 30 tours par minute et l'avancement de la table est de $0^m,15$ par minute. La force absorbée atteint un demi-cheval vapeur.

Les morceaux sciés sur le travers sont immédiatement passés au fendeur et les feuillets produits par ce dernier amenés au rondisseur.

Toutes les tentatives faites jusqu'à ce jour pour fendre mécaniquement ont donné des résultats plus que médiocres. Une machine à fendre, inventée par M. Hughes, d'Aberllefenny quarry, a néanmoins fonctionné pendant quelque temps à cette ardoisière, mais n'est plus actuellement en usage.

Les machines à rondir sont de trois sortes :

La machine *sword-arm*, actionnée par pédale ou mécaniquement, consistant en une longue lame, relevée par l'action d'un ressort placé soit en dessus, soit en dessous (*fig.* 10, Pl. XV).

La machine Spooner (*fig.* 9, pl. XV) est formée de deux lames fixées légèrement en diagonale sur la couronne de deux roues calées sur le même arbre et distantes de $1^m,50$, qui, animées d'un mouvement de rotation, coupent l'ardoise qu'on leur présente, avec une grande netteté, au contact d'une lame fixe.

Enfin, la machine à guillotine, formée de deux lames verticales, dont l'une fixe et l'autre mobile, et commandée

par un excentrique qui lui communique un mouvement alternatif.

Sur le côté de ces machines est fixée une seule règle à crans dans lesquels l'ouvrier engage les fendis pour les tailler à la dimension demandée. Chaque banc de scie et machine à rondir produisent en moyenne 1.000 kilogrammes d'ardoise fabriquée par jour, ce qui correspond à une moyenne de 4.000 kilogrammes de schiste débité, de qualité ordinaire; avec du schiste d'excellente qualité, la production peut atteindre le double.

Les meules à émeri ne pouvant être employées pour l'affûtage des scies à ardoise, à cause de la forme de leurs dents, MM. Parry et Norris ont inventé, dans ce but, une machine fort ingénieuse.

La scie est placée horizontalement sur un support mobile dans une rainure et y est fixée par son axe, de manière à ne pouvoir subir qu'un mouvement de rotation. Une lime, à section triangulaire, qui reçoit le mouvement alternatif d'une manivelle, vient à chaque course descendante porter contre les dents de la scie, qui se présentent successivement devant elle. Le mouvement de la scie se fait, d'ailleurs, automatiquement à chaque course, à l'aide de cames de profil convenable, actionnant directement un mécanisme analogue à l'échappement des pendules. Cette machine fonctionne avec une grande régularité et donne pleine satisfaction dans les nombreuses carrières du North-Wales, où nous l'avons vu employer.

Le croquis *fig.* 11 et 12, pl. XV, représente l'un des deux types d'atelier de sciage que l'on rencontre dans toutes les ardoisières : le premier comprend vingt-cinq bancs de scie ; le deuxième, cinquante bancs de scie. On trouve plus fréquemment deux ateliers de vingt-cinq scies qu'un seul de cinquante.

La fabrication des dalles (*slabs*) constitue pour beaucoup d'exploitations une source de revenu important.

Dans toutes les carrières, il existe des parties de schiste rude dans le voisinage des filons divers qui sont venus recouper la formation. Ce schiste, vu son peu de fissilité sous de faibles épaisseurs, ne convient pas à la fabrication de l'ardoise, mais peut fort aisément être transformé en dalles de toutes dimensions sciées, rabotées et ouvrées.

Machines à raboter. — La construction de ces machines diffère peu de celles des machines employées pour le rabotage des métaux. Elles sont toutes à outil fixe et à table mobile, actionnée par une ou deux crémaillères. L'outil est remarquable par sa largeur et sa forme ; il consiste en une lame d'acier fixée par boulons fraisés sur le porte-outil et ayant une largeur de $0^m,15$ à $0^m,50$, avec un biais d'environ 1/12.

Dans ces conditions, la marche de la machine ne peut être automatique ; l'ouvrier conduit rapidement le mouvement latéral de l'outil, de manière à ce qu'il se déplace de sa largeur sur la longueur de la course. La vitesse d'avancement de la table mobile est de $4^m,50$ à 5 mètres par minute. L'ouvrier commande également à la main le débrayage déterminant le retour accéléré de la table.

Dans ces conditions, le prix de revient de la fabrication des dalles, non compris les frais d'exploitation, peut s'estimer, en moyenne, comme suit :

	Prix par mètre carré.
Fente et sciage du bloc.	$0^f,50$
Rabotage des deux parements.	$0^f.40$
	$0^f,90$

Pour des dalles de 32 millimètres de fabrication courante, ce prix correspond à $12^f,50$ par tonne.

Les dalles des districts de Corris et de Llangollen sont celles qui se travaillent le plus facilement ; ces dernières

sont réputées les meilleures pour prendre l'émail et envoyées en grande quantité à Bristol et à Londres.

PRIX DE REVIENT. — MARCHANDAGES.

Lorsque les travaux préparatoires, dans les différentes méthodes d'exploitation précédemment décrites, sont achevés, l'exploitation du schiste proprement dite et la transformation de celui-ci en ardoises ou en dalles forment l'objet de marchandages spéciaux à de petites sociétés de cinq à six ouvriers, auxquels sont adjugés des chantiers distincts dits *bargains*, par exemple une chambre entière, dans la méthode de Festiniog, si la largeur n'excède pas 20 mètres, ou une longueur de banc de 12 à 15 mètres dans l'exploitation en colline, à ciel ouvert.

Ces marchandages présentent diverses formes.

L'entrepreneur peut être payé :

α. Tant par tonne pour les blocs extraits et conduits à la scierie ou aux ateliers de fente; tant par tonne de débris extraits et roulés au hottoir; tant par tonne d'ardoises fabriquées.

β. Tant par tonne de rocher extrait et conduit soit à la scierie, soit au hottoir; tant par mille d'ardoises fabriquées.

γ. Tant par mille d'ardoises fabriquées, compris frais d'extraction et roulage des blocs ou débris.

Dans ce dernier cas, le prix du mille (1.300) est établi pour chaque dimension d'ardoise, et le gain total résultant de cette convention est augmenté d'un tant pour cent dit *poundage*, variable suivant chaque chantier et fixé par le *manager* à la fin de chaque mois, d'après les difficultés qu'a rencontrées le *bargain*.

Ce *poundage* varie de 5 shillings à 40 shillings et correspond, par suite, à une augmentation de 25 à 200

p. 100 du prix convenu ci-dessus. Ce mode de marchandage, dont l'application exige une surveillance constante du *manager*, est presque toujours adopté lorsque le schiste est de bonne qualité.

Au contraire, lorsque la qualité de la pierre est telle que son rendement en poids soit inférieur à 1/14e ou 1/15e (cette proportion s'appliquant uniquement à l'extraction proprement dite, les travaux préparatoires, galeries, opening, etc., restant en dehors), on emploie ordinairement une des deux premières méthodes.

Ce n'est qu'exceptionnellement que la fabrication de l'ardoise forme l'objet d'un marchandage distinct de l'extraction, et, dans ce cas, le prix payé pour la fente des blocs, le sciage et le rondissage de l'ardoise est d'environ 12f,50 par tonne.

Le prix de revient de la tonne d'ardoise fabriquée avec du schiste, dont le rendement en poids serait de 1/14, pourrait s'établir de la manière suivante, en appliquant la deuxième méthode. Chaque tonne de schiste extraite, blocs et débris, serait payée 0f,625, et chaque tonne d'ardoise fabriquée, 25 francs.

Extraction des blocs, roulage des débris au hottoir. 14 tonnes à 0f,625.	8f,75
Fabrication de 1 tonne d'ardoise.	25f,00
Total payé à l'entrepreneur.	33f,75
A quoi il convient d'ajouter pour roulage des débris de la scierie au hottoir.	1f,65
Prix total de fabrication de la tonne.	35f,40

Ce prix ne contient pas les frais de travaux préparatoires, variables suivant chaque carrière et difficiles à ramener au mille d'ardoises.

Les tableaux ci-après, empruntés à l'ouvrage de D.-C. Davies sauf quelques modifications, donnent des

Détail de deux chantiers du district de Festiniog.

DIMENSIONS.	NUMÉROS français. Types d'Angers.	BARGAIN SOUTERRAIN pour 4 semaines. (Simple.)		BARGAIN A CIEL OUVERT pour 4 semaines. (Double.)	
		1re qualité.	2e qualité.	1re qualité.	2e qualité.
Pouces anglais.		Nombre d'ardoises.		Nombre d'ardoises.	
24 × 14	2	2160	200	2160	160
24 × 12	3	1400	160	7300	360
22 × 12	»	360	60	760	60
22 × 11	4	460	60	2660	260
20 × 10	5	4160	500	13660	900
18 × 10	6	560	60	1800	260
18 × 9	»	1200	260	2860	500
16 × 10	»	300	60	1100	160
16 × 8	7	1600	200	3960	660
14 × 12	»	60	»	100	»
14 × 8	8	800	200	1400	200
14 × 7	9	500	60	1060	200
13 × 10	»	460	100	460	»
13 × 7	»	300	»	600	»
10 × 8	»	100	»	860	»
		14420	1920	40740	3720
		16.340		44.460	
Poundage au marchandage. . .		37f,50		31f,25	
Poundage aux rubblers.		25,00		30,00	
Poundage moyen.		36,85		32,45	
Ouvriers employés.					
Entrepreneurs.		3 rockmen 1 ardoisier		4 rockmen 4 ardoisiers	
Ouvriers payés à la journée par les entrepreneurs.		2 ardoisiers		1 rockman 4 ardoisiers	
Rubblers.		1 enfant		2 hommes	
Chargement, roulage au hottoir au compte de la carrière. . . .		2 manœuvres		2 manœuvres	
Total.		9		17	
Total du rocher extrait.		247 tons		663 tons	
Blocs envoyés à la scierie. . . .		141		314	
Ardoises fabriquées.		34.850 kilog.		100.450 kilog.	
Rendement p. 100 du schiste extrait.		1/14		1/15	
Rendement du schiste traité à la scierie.		1/4		1/3	
Frais de fabrication des ardoises.		359f,75		1073f,00	
Poundage.		530,70		1393,00	
Fonçage préparatoire.		237,50		»	
Chargement, roulage, épuisem.		275,25		310.75	
		1403f,20		2776f,75	

exemples d'application de la troisième méthode. Le premier tableau (p. 550) se rapporte au district de Festiniog et comprend un *bargain* simple souterrain et un *bargain* double à ciel ouvert, avec indication de l'emploi du schiste extrait. Il peut se résumer comme suit :

	N° 1.	N° 2.
Poids moyen par mille.	2.130 kilog.	2,280 kilog.
Frais de fabrication par tonne. . .	40 fr.	27f,50

Le prix de 40 francs comprend les frais de travaux préparatoires, de fonçage, coupement de *bone* et *opinside*, et se réduit à 33f,30, lorsqu'on défalque ces frais.

Le tableau ci-dessous donne le détail de la production d'un mois de deux *bargains* à ciel ouvert dans la *Old vein* et la *New vein*, d'une importante exploitation de Festiniog avec un *pondage* de 50 shillings, soit 250 p. 100.

DIMENSIONS en pouces anglais.	NUMÉROS français.	PRIX PAR MILLE de 1300.		POUNDAGE.	BARGAIN N° 1. (New vein.)		BARGAIN N° 2. (Old vein.)	
		1re qualité.	2e qualité.		1re qualité.	2e qualité.	1re qualité.	2e qualité.
26 × 15	»	40f,60	»	50 shillings ou 250 p. 100.	»	»	»	»
24 × 14	2	37 ,50	»		2.500	»	2.600	»
24 × 12	3	34 ,35	25f,00		4.000	350	8.250	150
22 × 12	»	35 ,00	22 ,50		1.500	»	1.250	50
22 × 11	4	28 ,10	21 ,25		2.000	200	1.800	50
20 × 10	5	25 ,00	18 ,75		9.100	650	8.600	450
18 × 10	6	21 ,85	15 ,00		2.650	150	2.200	200
18 × 9	»	15 ,60	12 ,50		1.200	150	2.700	200
16 × 10	»	18 ,75	»		1.900	»	2.350	»
16 × 8	7	12 ,50	9 ,35		2.200	250	4.450	500
14 × 8	8	9 ,35	7 ,50		800	50	1.400	200
14 × 7	9	7 ,50	7 ,50		700	50	1.400	50
13 × 7	»	6 ,25	»		100	»	»	»
12 × 6	10	5 ,00	»		150	»	500	»
14 × 12	»	15 ,00	»		»	»	»	»
14 × 10	11	13 ,75	7 ,50		750	»	1.150	»
13 × 10	»	12 ,50	»		150	»	460	»
13 × 8	»	7 ,50	»		500	»	1.900	»
10 × 6	»	»	»		»	»	»	»
					30.200	1.850	41.010	1.850
					32.050		42.860	
					66 tons.		87t,250	

La faiblesse du poids moyen par mille d'ardoises, dans ces deux bargains (un peu supérieur à 2 *tons*), est due à la parfaite fissilité du schiste.

Le tableau suivant s'applique au district de Nantlle; il donne la proportion d'ardoises de première, de deuxième et de troisième qualité dans ces ardoisières, et le gain moyen par ouvrier. Après avoir ajouté le poundage et le gain des rouleurs aux prix payés pour fabrication, nous avons, pour frais totaux de production dans chaque bargain, les chiffres suivants pour un mois :

	BARGAIN N° 1.	BARGAIN N° 2.	BARGAIN N° 3.
Frais de fabrication.	736f,25	371f,35	488f,85
Poundage.	650 ,40	371 ,35	977 ,70
2 rouleurs, chacun 23 jours pour chaque bargain, à 5 fr. par jour.	230 ,00	230 ,00	230 ,00
Frais du bargain à la carrière. .	1.616f,65	972f,70	1.696f,55
Nombre total d'ardoises.	23.175	11.400	17.750
Poids total des ardoises.	76.000 kilog.	49.500 kilog.	44.700 kilog.
Poids moyen par mille.	3.000 kilog.	4.250 kilog.	2.500 kilog.
correspondant à l'ardoise de. .	22p × 11p	22p × 12p	20p × 10p
Prix de revient à la carrière, ne comprenant que la fabrication, par tonne.	21f,40	19f,85	38f,50

Détail de trois Bargains d'une ardoisière de Nantlle.

NUMÉROS français.	DIMENSIONS en pouces.	1 BARGAIN A 17 SH. 6 D. (poundage). *Ton slate* (ardoises à la tonne).			PRIX de fabrication par ton.		FRAIS totaux de fabrication.	2 BARGAIN A 20 SH. (poundage). *Ton slate* (ard. à la tonne).			FRAIS de fabrication.	3 BARGAIN A 40 SH. (poundage). *Ton slate* (ard. à la tonne).			FRAIS de fabrication.
		1re qualité	2e qualité.	3e qualité.	1re et 2e qualité.	3e qualité.		1re qualité.	2e qualité.	3e qualité.		1re qualité.	2e qualité.	3e qualité.	
					fr.	fr.	fr.				fr.				fr.
»	30 × 16	600	»	»	50	»	»	300	»	»	»	450	»	»	»
»	26 × 16	3.700	»	»	43,75	»	»	1.900	»	»	»	1.300	»	»	»
»	26 × 13	2.450	»	»	37,50	»	»	1.400	»	»	»	1.450	»	»	»
2	24 × 14	1.900	150	100	34,35	28,10	»	450	150	250	»	1.000	50	50	»
»	24 × 13	800	»	»	33,30	»	»	250	»	»	»	500	»	»	»
3	24 × 12	1.550	200	50	31,25	25,00	»	800	50	200	»	1.300	150	100	»
»	22 × 12	2.650	150	50	30,20	22,90	»	700	150	100	»	1.250	100	100	»
4	22 × 11	1.400	150	50	29,15	20,80	»	650	100	100	»	1.100	100	100	»
»	20 × 12	2 050	»	»	28,10	27,05	»	750	»	»	»	1.000	»	»	»
»	20 × 11	400	»	»	28,10	27,05	»	150	»	»	»	500	»	»	»
5	20 × 10	1.050	200	100	25,00	18,75	»	600	250	200	»	1.400	250	200	»
»	18 × 12	600	»	»	20,00	18,75	»	500	»	»	»	450	»	»	»
6	18 × 10	200	5	50	18,75	15,60	»	300	100	50	»	650	100	50	»
»	18 × 9	600	»	50	18,75	12,50	»	300	»	100	»	1.050	»	100	»
»	16 × 12	200	»	»	18,75	»	»	100	»	»	»	150	»	»	»
»	16 × 10	200	»	50	15,60	»	»	50	»	»	»	300	50	»	»
»	16 × 9	150	»	50	15,60	»	»	»	50	»	»	300	»	»	»
7	16 × 8	1.000	»	50	10,40	»	»	250	»	50	»	800	»	100	»
»	14 × 12	»	»	»	10.40	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
11	14 × 10	150	»	»	10,40	»	»	50	»	»	»	200	»	»	»
8	14 × 8	»	»	»	9,35	»	»	»	»	»	»	400	»	»	»
»	13 × 10	»	»	»	8,30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
9	14 × 7	»	»	»	7,50	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	13 × 8	»	»	»	8,30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	13 × 7	»	»	»	6,25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	12 × 10	»	»	»	8,30	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
12	12 × 8	»	»	»	6,25	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
10	12 × 6	»	»	»	4,15	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
»	12 × 5	»	»	»	3,10	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
	Ton slate (ardoises à la tonne)				6,25 par *ton*	»	»	»	»	»	»	»	»	»	»
		21.720	855	600			736,25	9.500	850	1.005	371,35	16,150	800	800	488,85

BARGAIN N° 1.	BARGAIN N° 2.	BARGAIN N° 3.
2 rockmen, 4 ardoisiers, } journées, 127 1/2.	2 rockmen, 4 ardoisiers, } journées, 132 1/2.	2 rockmen, 4 ardoisiers, } journées, 133 1/2.
Gain moyen par jour, 10f,70.	Gain moyen par jour, 5f,40.	Gain moyen par jour, 10f,90.
Aucune indemnité pour mauvaise pierre.	Aucune indemnité pour mauvaise pierre.	Aucune indemnité pour mauvaise pierre.
La Compagnie transporte les débris à ses frais.	La Compagnie transporte les débris à ses frais.	La Compagnie transporte les débris à ses frais.

Deux rouleurs sont généralement attachés à chaque bargain. Les quatre ardoisiers comprennent fendeurs, rondisseurs, scieurs, aides de scieurs.

Production moyenne d'un bargain. — Il y a lieu d'observer que dans les exemples précédents les *bargains* sont considérés en plein travail et qu'il convient de tenir compte, dans l'estimation de la production des divers chantiers d'une ardoisière, des chômages, pertes de temps et parties stériles qui peuvent se rencontrer. Ainsi, dans les conditions ordinaires, la production moyenne d'un *bargain* ne peut-elle être estimée par mois qu'à environ 35 tonnes d'ardoises fabriquées, d'un poids moyen de 2.600 kilogrammes par mille de 1.260 correspondant à la dimension $22^p \times 11^p$, bien que dans certains cas (exemple cité dans Festiniog Old Vein) elle puisse dépasser 80 tonnes.

Rendement du schiste. — Le rendement du schiste est naturellement très variable. Dans certains chantiers on a pu obtenir exceptionnellement, en ardoises fabriquées, 1/4 du poids total des matières extraites à la carrière, mais le plus souvent cette proportion se réduit au 1/10 et même au 1/15. Quelques *bargains*, dans des conditions favorables, donnent encore un léger bénéfice avec un rendement de 1/20.

Quant au rendement de la fabrication proprement dite,

variable suivant la qualité et les dimensions du schiste, il peut atteindre 1/2 avec des ouvriers habiles dans d'excellent rocher, mais en moyenne il ne dépasse pas 1/4.

Les chiffres de rendement qui viennent d'être indiqués ne comprennent point l'extraction du rocher, résultant des travaux préparatoires.

Prix de revient approximatif. — Le prix de revient de la tonne de schiste extraite et transformée en ardoises (dimensions moyennes $22^p \times 11^p$) peut s'estimer à 28 ou 29 francs. A ce prix, qui s'applique à l'ardoise livrée sur place par les ouvriers entrepreneurs, doivent être ajoutés les frais généraux : direction, vente, royalty, transports au chemin de fer et au port d'embarquement, atelier de réparations, travaux préparatoires, etc., qui ne dépassent pas probablement les frais de fabrication et conduisent à admettre un prix de revient approximatif de 56 à 58 francs par tonne d'ardoise. Nous rappelons que les frais d'épuisement et d'extraction ne sont point à considérer, la nature en ayant dispensé les exploitants, sauf à Nantlle, et que dans ce centre même plusieurs ardoisières utilisent les cours d'eau descendant des montagnes environnantes pour l'actionnement de leurs engins d'extraction et d'épuisement.

PRODUCTION ANNUELLE.

La production annuelle du North-Wales en schiste manufacturé (dalles et ardoises pour toitures), ne peut s'estimer aujourd'hui, malgré le ralentissement qu'elle subit momentanément, à moins de 500.000 tonnes, dont 30.000 tonnes de dalles; 160.000 tonnes d'ardoises pour toitures attribuables aux carrières souterraines et 340.000

aux ardoisières à ciel ouvert. (La statistique minérale anglaise ne comprend que les ardoisières souterraines.)

Elle se répartit approximativement comme suit, entre les différents centres.

	Tonnes.	Nombre d'ouvriers.
Penrhyn Quarry et environs	135.000	3.500
Centre de Llanberis	125.000	3.500
— de Festiniog	140.000	4.000
— de Corris	35.000	1.200
— Nantlle	45.000	1.500
— Llangollen et prolongement	20 000	800
	500.000	14.500

représentant une valeur de 1.300.000 livres sterling.

La production totale qui, en 1878, était évaluée à 700.000 *tons*, a suivi constamment depuis une marche décroissante; c'est ainsi que la statistique pour l'année 1883, récemment publiée, n'accuse plus qu'un chiffre de 498.062 *tons*.

En admettant que le rendement total moyen du schiste exploité ne soit guère que de 1/15, on voit que la production ci-dessus nécessite chaque année l'extraction de 7.500.000 *tons* ou plus de 2.500.000 mètres cubes de schiste.

Dans les chiffres de production que nous venons de citer, les trois ardoisières de Penrhyn, Dinorwic, Palmerston entrent à elles seules pour plus de 260.000 tons.

Penrhyn (Bethesda-Bangor)	125.000t
Dinorwic (Llanberis)	100.000
Palmerston	40.000
	265.000t

L'écoulement de cette importante production se fait surtout par mer, partie en Angleterre, partie à l'exportation, principalement en Allemagne et en Amérique.

Des embranchements particuliers relient les divers centres ardoisiers aux grandes lignes du London and North-Western railway, au Cambrian railway, aux petits chemins de fer à voie étroite de Festiniog à Portmadoc, de Corris à Macchynleth, qui amènent dans les wagonnets mêmes des carrières les produits aux différents ports d'embarquement.

Port Penrhyn, construit par Lord Penrhyn, pour son ardoisière.
Port Dinorwic et Carnarvon pour la carrière de Dinorwic et le centre de Llanberis.
Port Madoc pour le centre de Festiniog.
Aberystwith pour le centre de Corris.

Nombre d'ouvriers. — L'industrie ardoisière dans le North-Wales occupe plus de 14.000 ouvriers, répartis approximativement entre les divers centres, comme il est indiqué ci-dessus : tous sont Gallois et deux à trois pour cent seulement parlent anglais.

Leurs gains moyens journaliers sont les suivants :

Fendeurs, scieurs, rondisseurs, raboteurs, rockmen	7f,50
Mineurs	5 ,00
Manœuvres	4 ,35

On peut voir près du parc de lord Penrhyn une importante cité ouvrière, dont les maisons, confortablement construites, sont louées ou vendues à des conditions spéciales aux ouvriers de l'ardoisière de ce nom.

Près des carrières situées dans les montagnes, loin de tout lieu habité, existent des baraquements contenant chacun dix logements, construits par les exploitants et loués à raison de 1f,25 par semaine aux ouvriers, qui y demeurent du lundi au samedi.

Statistique des accidents. — Le tableau ci-après,

extrait du rapport du Dr C. Le Neve Foster, inspecteur des mines métalliques du North-Wales, pour l'année 1882, donne le résumé de la statistique des ardoisières souterraines anglaises pendant les huit dernières années.

Personnel employé . . .	souterrain. . .	2.220	
	à la surface. .	2.509	
	Total.		4.729
Nombre de mort causées par accidents	souterrains. .	7	
	à la surface. .	3	
	Total.		10
Nombre de personnes employées par accident mortel			473
Proportions de morts par mille ouvriers. .	souterrains. .	3,20	
	à la surface. .	1,14	
	Total.		2,11

Les accidents arrivés en 1882 se résument comme suit :

	NOMBRE d'accidents.		NOMBRES DE PERSONNES tuées.		NOMBRES DE PERSONNES blessées.	
	Souterrains.	Au jour.	Souterrains.	Au jour.	Souterrains	Au jour.
Par chute de rocher.	18	»	5	»	14	»
— coups de mines.	10	»	1	»	10	»
— chutes, plans inclinés. . . .	1	»	»	»	1	»
— outillage souterrain.	6	»	»	»	6	»
— causes diverses souterraines.	21	»	1	»	20	»
— outillages de la surface. . . .	»	4	»	»	»	4
— explosions de chaudières. .	»	1	»	4	»	»
— diverses causes surface. . .	»	10	»	1	»	9
Totaux.	56	15	7	5	51	13
	71		12		64	

Il convient de remarquer que les résultats statistiques qui précèdent ne s'appliquent qu'aux exploitations souterraines, c'est-à-dire au tiers environ du personnel occupé par l'industrie ardoisière, que les deux autres tiers, travaillent dans les carrières à ciel ouvert, qui restent en

dehors de toute statistique et de toute surveillance administrative et ne sont soumises qu'au règlement de la police locale.

Il y a lieu de penser, eu égard aux méthodes d'exploitation en usage, que les accidents y sont au moins aussi nombreux, sinon plus, que dans les ardoisières souterraines, et que la proportion générale dans le North-Wales est probablement plus mauvaise que sur les divers centres français.

Surveillance administrative. — Les ardoisières souterraines seules (*slate mines*) sont assimilées aux mines métalliques et soumises comme elles aux clauses générales des *Metalliferous mines regulation acts*, 1872-1875.

En outre chaque exploitation minérale, suivant sa nature et les conditions particulières dans lesquelles elle se trouve, est soumise à un règlement spécial (*special rules*) rappelant les dispositions générales des *Metalliferous mines regulation acts* qui lui sont particulièrement applicables et définissant les fonctions et devoirs de chacun, directeur (*manager*), contremaîtres (*foremen*) et ouvriers.

Toute contravention audit règlement, ou inobservation d'un avis donné par l'inspecteur des mines dans ses visites, peut former l'objet de poursuites contre les exploitants, à la requête de l'inspecteur des mines, ou contre les ouvriers, à la requête de l'exploitant.

Dans chaque district l'inspecteur des mines est chargé d'assurer l'exécution des règlements généraux et particuliers que nous venons de citer; dans ce but, il peut recevoir les plaintes des ouvriers et leur donner la suite utile, au cas où elles sont reconnues fondées, empêcher, après une procédure définie, la continuation d'une exploitation dans des conditions nuisibles à la santé ou à la sécurité.

Sa compétence de ce côté peut s'étendre fort loin : c'est ainsi qu'à la Great Laxey Mine à Laxey Glen, profonde de 453 mètres, où les ouvriers devaient descendre et remonter par les échelles, le Dr C. Le Neve Foster, inspecteur des mines du district, après avoir en vain conseillé aux exploitants, dans leur intérêt aussi bien que dans celui des ouvriers, d'adopter un moyen de circulation mécanique, les a contraints à installer une descenderie automatique, et qu'aujourd'hui une *man engine* fonctionne à la satisfaction générale.

Quant aux ardoisières à ciel ouvert, ainsi qu'il a été dit précédemment, elles restent complètement en dehors de toute surveillance administrative et ne sont soumises qu'aux règlements de la police locale.

Nous donnons ci-dessous quelques indications sur le personnel dirigeant des carrières et les obligations qui lui sont imposées par les *special rules* du district de Festiniog.

Le propriétaire, ou son agent, a la direction générale de l'exploitation, conformément aux *Metalliferous mines regulation actes*, 1872-1875. Il doit se conformer aux règlements prescrits et en assurer l'exécution dans la mesure du possible. Si le propriétaire ou agent ne dirige pas lui-même l'exploitation, ce qui est le cas le plus général, il en confie la direction à un *manager* ou *mine captain*, qui est ordinairement un ancien contremaître ayant une instruction un peu supérieure. La partie commerciale est aussi sous sa haute main, répartie entre un comptable et quelques employés.

Le *manager* est tenu d'avoir autant de contremaitres (*foremen*) qu'il est utile pour la direction et la surveillance des travaux. Il doit pourvoir à ce qu'une copie de l'extrait officiel de la loi de 1872-1875 et des *special rules* soit affichée en un endroit apparent, pour être lue par les ouvriers ; à ce que les formalités concernant

l'emploi des femmes, filles et enfants, soient rigoureusement observées, avec documents et registres à l'appui.

Nul ne peut avoir la conduite d'une machine, s'il a moins de dix-huit ans, d'un manège servant à monter les hommes, s'il a moins de douze ans.

Il doit assurer l'exécution du règlement concernant le travail des enfants de douze à seize ans dans la mine. L'abandon d'une exploitation doit toujours être précédée d'une déclaration à l'inspecteur des mines du district. Le manager est tenu d'observer les *general rules*, et d'examiner chaque jour les chantiers, les voies de roulage, la ventilation.

C'est lui qui spécifie la largeur des chambres, la puissance des piliers à réserver entre elles. Il veille également à ce que le toit soit laissé, après le travail des mineurs, dans de bonnes conditions de sécurité.

Les différents ponts dans la carrière doivent être entourés d'une enceinte solide, afin que la circulation s'y effectue avec sécurité. Là où il est nécessaire, une ou plusieurs chaînes doivent être tendues d'une paroi de la chambre à l'autre pour donner un point d'appui aux ouvriers se rendant à leur travail.

Tous les ouvriers employés dans l'exploitation sont tenus de se conformer aux règlements et de contribuer à leur exécution. Dans le cas de conditions anormales, ils doivent en référer au contremaître, au *manager* ou même directement à l'inspecteur des mines, qui juge s'il y a ou non délit.

RAPPORTS ENTRE L'EXPLOITANT ET LE PROPRIÉTAIRE DU SOL (*).

Take-note. — Dès que l'emplacement d'un gisement

(*) D'après l'ouvrage de Davies, déjà cité, et les notes communiquées par M. C. Le Neve Foster.

ardoisier a été approximativement déterminé, le ou les inventeurs s'adressent au propriétaire du sol afin d'en obtenir une promesse de bail (*take note*) qui leur permette d'exécuter les travaux de recherches complémentaires.

Ce *take-note* définit la somme à payer à titre de *dead rent*, la durée du bail, le montant de la *royalty* à payer au bailleur pour les ardoises extraites pendant la durée du bail, et règle les droits aux voies de communication et à l'usage des eaux, ainsi que tous autres points concernant l'exploitation de la propriété.

Durée. — La durée des baux (*lease*) garantis par la couronne n'est que de vingt et un ans. Cette durée, trop courte pour qu'une ardoisière puisse atteindre tout son développement et sa puissance de production, n'est acceptée qu'avec promesse, de la part du bailleur, de renouveler à son expiration aux mêmes conditions et pour la même durée ; et de fait, la durée totale des baux est de quarante ans. Ces baux prennent date à l'expiration du *take-note* et contiennent la faculté de résiliation pour l'exploitant en cas de travaux infructueux.

Royalty. — Les *royalties* ou redevances payées par les exploitants au bailleur sont très variables. Elles sont généralement proportionnelles au prix de vente des ardoises ; parfois elles atteignent le chiffre excessif de 1/8 ; dans le district de Festiniog elles sont en moyenne de 1/12 et dans le Carnarvonshire elles descendent à 1/14 et même à 1/15. Le montant de la *royalty* est parfois réglé suivant une échelle mobile, la *royalty* croissant par périodes de cinq années et partant de 1/20 pour arriver finalement à 1/12, avec promesse de renouvellement de bail à ce taux. Ce n'est que rarement que la

redevance est fixée à une somme déterminée par tonne, par exemple à 1f,85 par tonne d'ardoises et à 90 centimes par tonne de dalles; ce qui, avec un prix de vente par tonne de 75 francs, correspond à 1/14. La *royalty* n'est exigible que sur les ardoises vendues pendant l'année.

Dead rent. — La *dead-rent* consiste en une somme fixe payée au bailleur, qu'il y ait ou non production d'ardoises, pour lui donner garantie que sa propriété sera exploitée. Cette somme se confond toujours avec la *royalty* et ne peut être payée en plus de cette dernière. L'importance de la *dead rent* est généralement faible et se réduit ordinairement par an à 125 francs pendant la durée du *take-note* et à 500 francs pendant la durée du bail. Dans certains cas une somme fixe remplace la *royalty :* ainsi, dans le bail d'un terrain encore inexploité, consenti pour vingt années, la redevance est parfois fixée comme suit : 125 francs par an pour les cinq premières années, 250 francs pour la seconde période de cinq années, 375 francs pour la troisième et 500 francs par an pour les cinq dernières années, avec faculté de renouveler le bail moyennant une *royalty* de 1/15 pendant un second terme de vingt années.

Indemnités pour occupations de terrains. — En plus de la *dead rent* et de la *royalty* le bail prévoit les indemnités à payer au propriétaire pour occupations de terrains utiles à l'exploitation. Pour les terrains non clos en montagne, estimés comme pâturage, l'indemnité est généralement de 3f,50 par acre, environ 9 francs par hectare.

Pour les terrains enclos, dont le propriétaire reçoit fermage, l'indemnité s'élève à 25 et 100 francs par acre et par an, soit 60 à 240 francs par hectare.

Parfois le bailleur exige un payement comptant pour l'occupation des terrains d'une valeur supérieure à celle de culture, surtout lorsque ce terrain doit être couvert de constructions.

Les droits d'usage des eaux et d'accès sont toujours réservés dans le bail au profit de la carrière ; les premiers surtout ont une grande importance lorsque l'exploitation n'est pas contiguë à une ligne de chemin de fer, et permettent à l'exploitant de traverser, sans autre indemnité, les terrains du bailleur dans toute leur étendue.

BULLETIN.

ACTES DE COURAGE ET DE DÉVOUEMENT.

ACCIDENTS ARRIVÉS DANS LES MINES ET LES CARRIÈRES.

Extrait de rapports du ministre de l'intérieur approuvés par le Président de la République en 1884 (*).

NOMS prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
		14 janvier 1884. BOUCHES-DU-RHÔNE.		classes	
Moreau (Antoine), ouvrier carrier, à Fontvieille.	Fontvieille. Accident du 29 mars 1883.	A failli être victime de son dévouement en descendant dans une carrière souterraine pour prévenir ses camarades de l'imminence d'un éboulement.		2e	
		12 février 1884. EURE.			
Lecomte (Charles), cantonnier, à la Haye-Malherbe.	Surtanville. Accident du 11 juin 1883.	S'est dévoué pour sauver un ouvrier tombé asphyxié au fond d'une marnière souterraine.		2e	
		MEUSE.			
Rouhard (François), carrier, à Laheycourt.	Laheycourt. Accident du 6 nov. 1883.	A montré autant de courage que d'intelligence pour retirer d'une carrière souterraine de phosphate de chaux deux ouvriers qui y étaient tombés asphyxiés.		2e	

(*) Cet extrait fait suite à celui qui a été publié dans le 2e volume de 1883 (*Bull.*), p. 599.

NOMS prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
		14 mai 1884.			
		SEINE-INFÉRIEURE.	classes		
NIBOUREL (Antoine), garde-mines principal, à Rouen.	Saint-Maclou-de-Folleville. Accident du 5-9 déc. 1883.	S'est distingué, de nouveau, en exécutant, de ses mains, des travaux aussi dangereux que difficiles entrepris pour sauver un ouvrier qui était enseveli sous un éboulement dans une marnière souterraine.	1re Rappel		
SAMSON (Jean-Baptiste), briquetier, à Yerville.	Id.	A montré un courage et un sang-froid au-dessus de tout éloge, en travaillant, malgré la menace des éboulements et jusqu'à la dernière heure, au sauvetage de la victime.		2e	
LECORNU, ingénieur des mines, à Caen.	Id.	S'est rendu au premier appel sur le lieu de l'accident et a contribué par son initiative à faire aboutir plus rapidement les travaux.			Lettre de félicitations.
		15 juin 1884.			
		SEINE-INFÉRIEURE.			
NIBOUREL (Antoine), garde-mines principal, à Rouen.	Bermonville. Accident des 27-28 mars 1884.	A de nouveau exposé sa vie en travaillant pendant trois jours au sauvetage d'un ouvrier enseveli sous un éboulement dans une cailloutière souterraine.	1re 2e Rappel.		
HAZARD (Adolphe-Médéric), maître marneur, à Aloimare.	Id.	A montré autant de courage que d'intelligence en participant jusqu'à la dernière heure aux travaux de sauvetage.	1re Rappel		
DEMEILLEZ (Napoléon) marneur, à Fauville.	Id.	N'ont cessé de se signaler par l'utilité de leur concours et leur mépris du danger. (Le sieur Demeillez est déjà titulaire de la médaille en argent de 2e classe).		1re	
MASSON (Albert), marneur, à Foucart.				2e	
LENORMAND, marneur à Yvetot.	Id.	Belle conduite dans la même circonstance.			Mention
SOREL, id.					Id.
LECORNU, ingénieur des mines, à Caen.	Id.	A contribué d'une façon très efficace aux travaux de sauvetage.			Lettre de félicitations.

NOMS prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
15 juin 1884.					
PAS-DE-CALAIS.			classes		
LAURENT (Auguste), chef porion, aux houillères de Lens.	Concession houillère de Lens. Accident du 21 nov. 1883.	A exposé sa vie en procédant au sauvetage d'un ouvrier surpris par un éboulement et complètement enseveli sous les décombres.		2e	
BASSEZ (Auguste), porion, aux mêmes houillères.	Id.	Se sont signalés en coopérant au même sauvetage.			Lettre de félicitations.
CAILLAUX (Arthur), vérificateur, aux mêmes houillères.					Id.
11 juillet 1884.					
PAS-DE-CALAIS.					
DENEUVILLE (Vulgan), ouvrier mineur, aux houillères de Marles.	Concession houillère de Marles. Accident du 15 févr. 1884.	S'est particulièrement distingué en organisant un des premiers et en poursuivant pendant 32 heures les travaux nécessaires pour délivrer un ouvrier enfermé dans une galerie à la suite d'un éboulement.		2e	
ARCIN (Clément), maître porion.	Id.	Ont coopéré activement au même sauvetage.			Mention.
FLAHAUT (Hyacinte), porion.					Id.
SOUBEIRAN, ingénieur des mines, à Arras.					Lettre de félicitations.
MILAU (François, ouvrier mineur, à la même concession.					Id.
LATREMY (Armand), id.					Id.
JACQUET (Constant), id.	id.	Belle conduite dans la même circonstance.			Id.
GUCHEZ (Florent), id.					Id.
GUCHEZ (Auguste), id.					Id.
BARBIEUX (Télesphore) id.					Id.

NOMS prénoms et qualités.	LIEUX et dates.	ANALYSE des faits.	RÉCOMPENSES décernées. MÉDAILLES en or.	en argent.	MENTIONS honorables. — LETTRES de félicitations.
		23 octobre 1884.			
		PUY-DE-DÔME.	classes		
De Béchevel, ingénieur des mines, à Clermont-Ferrand.	Ruines du château de Montrognon. Accident du 22-28 avril 1884.	A dirigé avec autant de courage que d'activité et d'intelligence les travaux de sauvetage nécessités par l'éboulement d'un puits d'une profondeur de 12 mètres, creusé au pied des ruines du château de Montrognon et dans lequel se trouvaient ensevelis deux ouvriers dont l'un n'a été retiré vivant qu'après sept jours des plus périlleux efforts.			Lettre de félicitations.
Rouzeaud, garde-mines, à Clermont-Ferrand.	Id.	Se sont exceptionnellement distingués en coopérant à ces travaux de sauvetage.	1re		
Lenat, maître-mineur, à la houillère de la Combelle.			1re		
Berton, maître-mineur, à Pont-du-Château.	Id.	S'est signalé par son abnégation et son intrépidité pendant toute la durée des travaux.		1re	
Robin, boiseur à la houillère de la Combelle.	Id.	Belle conduite dans la même circonstance.			Mention.
Hardy, id.					Id.
Parot, id.					Id.
Giraud, id.					Id.
Latellerie, mineur, à Pont-du-Château.					Id.

LA STATISTIQUE MINÉRALE ANGLAISE ; LA PRODUCTION ET LE PRIX DE LA HOUILLE, LES ACCIDENTS DE MINES EN ANGLETERRE, PENDANT L'ANNÉE 1883.

Par M. O. Keller, ingénieur en chef des mines.

La statistique minérale anglaise a subi une transformation importante en 1883.

C'est de 1853 seulement que date la publication annuelle des *Mineral statistics* par le *Mining Record Office*, qui s'était contenté auparavant d'insérer dans les mémoires du *Geological Survey* quelques notices sur la production du cuivre et de l'étain dans le Cornouailles, du charbon et du fer dans le South-Staffordshire.

Après que le premier règlement (*Act*) pour l'inspection des mines de charbon eût été édicté, en 1850, le premier rapport des inspecteurs des mines donna, en juin 1851, la statistique de la production du charbon tiré des mines du Lancashire, du Cheshire, du Nord du pays de Galles, du Staffordshire, du Shropshire et du Worcestershire.

Des renseignements analogues, basés sur les déclarations volontaires des exploitants, furent publiés de temps à autre par les inspecteurs jusqu'en 1864, époque où ces fonctionnaires commencèrent à dresser des tableaux concernant l'extraction du charbon, le nombre des ouvriers employés dans les différents districts houillers et les accidents de mines.

En 1872, à leur instigation, le secrétaire d'État au département de l'intérieur réussit à introduire dans le règlement de ladite année relatif aux mines de charbon (*Coal mines regulation Act*) l'obligation pour les exploitants d'adresser aux inspecteurs le chiffre de leur extraction, ainsi que le nombre de leurs ouvriers ; et une prescription analogue fut insérée dans le premier règlement des mines métallifères (*Metalliferous mines regulation Act*), qui suivit au cours de la même année. Le règlement des mines de charbon a autorisé la publication des totaux concernant chaque comté ou chaque inspection, mais non celle des chiffres relatifs à chaque houillère, à moins du consentement du propriétaire. Quant à celui des mines métallifères, il ne contient aucune restriction. Ces dispositions ont permis, dès lors, à la statistique de tous les produits minéraux de prendre place dans les rapports annuels des inspecteurs des mines.

En même temps paraissait la statistique dressée, indépendamment de la première, par le *Mining record Office*, d'après les renseignements volontaires des exploitants et de certains usiniers; mais les deux statistiques ne concordaient pas entièrement.

Les inconvénients multiples de cette organisation ont conduit à transférer le *Mining record Office* du Muséum de géologie pratique au département de l'intérieur, auquel était d'ailleurs attribué, par les règlements miniers, le soin de recevoir et de conserver les plans des exploitations de mines.

Il est résulté de là, au commencement de 1883, la retraite de M. Robert Hunt, qui eut l'honneur de créer les *Mineral statistics*, sous la direction de Sir Henry de la Beche, et qui en poursuivit la publication pendant de longues années.

Cette tâche est maintenant dévolue aux inspecteurs, qui se sont empressés d'augmenter le format du volume, de donner plus d'importance aux documents empruntés aux douanes et à la statistique des chemins de fer, et surtout de combler une grave lacune concernant le prix du charbon.

Des renseignements authentiques, à cet égard, manquaient absolument. M. Robert Hunt se contentait d'indiquer la valeur de l'ensemble des combustibles extraits, sans expliquer de quelle façon elle était obtenue. Pour 1882, cette valeur correspondait à 10f,56 par tonne métrique de houille. Malgré son évidente exagération, force était de se contenter de ce chiffre.

Les renseignements détaillés recueillis par les inspecteurs des mines, et que nous reproduisons dans le tableau ci-après, font ressortir le prix de la tonne métrique à 6f,98 en moyenne sur le carreau des mines, pour 1883, et par suite, la valeur correspondante de la production de l'Angleterre à la somme d'environ 1.165.000.000 francs. Pour l'année précédente, la moyenne générale ressortait, non à 5 shellings (6f,25) comme la statistique anglaise le porte par erreur, mais à 7f,05 par *statute ton* de 1.016 kilogrammes, c'est-à-dire à 7f,16 par 1.000 kilogrammes.

Dans la préface à laquelle nous empruntons les détails précédents, il est dit que « ces valeurs ont été obtenues des exploi-
« tants par chacun des inspecteurs pour son propre arrondisse-
« ment, et que le prix du charbon présente une *différence*
« *importante* par rapport aux chiffres publiés antérieurement,
« que cela tient à ce que les valeurs ont été obtenues cette
« année d'une façon beaucoup plus détaillée, y compris les
« moyennes d'après lesquelles ont été réglés les salaires des
« mineurs dans certaines parties de differents districts. »

Production et prix moyen de la houille dans la Grande-Bretagne et l'Irlande, en 1883.

COMTÉS.	PRODUCTION en tonnes métriques.	PRIX MOYEN de la tonne sur les mines.
Angleterre et Pays de Galles.		
Breconshire	167.069	6f,93
Carmarthenshire	674.728	6 ,93
Cheshire	721.766	7 ,76
Cumberland	1.804.669	6 ,83
Denbighshire	1.955.182	6 ,62
Derbyshire	8 928.574	7 ,03
Durham	30.356.490	6 ,20
Flintshire	839.402	6 ,62
Glamorganshire	17.992.080	8 ,07
Gloucestershire	1.223.221	8 ,69
Lancashire	20.813.062	7 ,43
Leicestershire	1.346.593	5 ,69
Monmouthshire	6.447.031	6 ,93
Northumberland	7.647.498	6 ,41
Nottinghamshire	5.400.934	6 ,72
Pembrokeshire	94.132	6 ,20
Shropshire	899.262	8 ,27
Somersetshire	832.856	8 ,69
Staffordshire	14.255.147	7 ,67
Warwickshire	1.227.390	6 ,31
Westmoreland	1.392	10 ,35
Worcestershire	1.154.322	7 ,14
Yorkshire	19.880.753	6 ,98
Total et moyenne	144.663.582	7f,06
Écosse.		
Argyle et Dumfries	121.956	6f,20
Ayrshire	3.329.425	6 ,20
Clackmannan, Kinross, Perth et Sutherland	302.263	6 ,83
Dumbarton	226.031	6 ,83
Edinburgh	842.562	8 ,79
Fife	2.209.348	6 ,31
Haddington	234.608	7 ,14
Lanark	12.404.054	6 ,20
Linlithgow	561.894	8 ,58
Renfrew	121.909	5 ,58
Stirling	1.211.360	6 ,83
Total et moyenne	21.565.410	6f,44
Irlande.		
Connaught	3.158	8f,69
Leinster	85.050	11 ,17
Munster	25.937	12 ,41
Ulster	13.987	10 ,35
Total et moyenne	128.132	11f,27
Ensemble	166.357.124	6f,98

D'après les statistiques officielles des principaux pays, que nous avons entre les mains, la production et le prix moyen de la tonne métrique de houille, sur le carreau des exploitations, sont les suivants :

ANNÉES.	PAYS.	PRODUCTION en tonnes métriques.	PRIX MOYEN de la tonne.
1883	Angleterre.	166.357.000	6f,98
1882	États-Unis.	93.695.000	8 ,11
1883	Allemagne.	69.892.000	5 ,80
1883	**France**.	21.334.000	12 ,50
1883	Belgique.	18.178.000	10 ,02
1883	Autriche.	17 048.000	5 ,96

On voit que dans tous ces pays la houille coûte moins cher qu'en France, et que l'Allemagne et l'Autriche, où la main-d'œuvre est à très bon marché, comme on le sait, produisent les combustibles minéraux à plus bas prix encore que l'Angleterre.

Les rapports annuels des inspecteurs des mines constituent un document séparé d'un haut intérêt. Les *Mineral statistics* pour 1883 leur ont emprunté une série de tableaux relatifs au personnel ouvrier et aux accidents des mines. Nous les reproduisons ci-dessous, les uns et les autres, en leur donnant une forme plus condensée. Il ne nous a pas semblé utile de donner la répartition des accidents, par comtés ; mais leur nomenclature, traduite aussi littéralement que possible, est bonne à connaître. Elle montre que cette statistique particulière est dressée d'une façon extrêmement détaillée ; toutefois elle ne comprend que les ouvriers tués et les accidents mortels, négligeant entièrement les blessés, dont le nombre est certainement considérable, mais ne peut être connu, même approximativement, en Angleterre.

Il résulte du tableau III, que le nombre moyen des tués s'est élevé dans ce pays, pour les dix années 1874-1883, à 2.182 sur 1.000 ouvriers employés tant à l'extérieur qu'à l'intérieur. La proportion est de 2.238 pour les ouvriers des houillères, et seulement de 1.645 pour ceux des mines métallifères qui ne sont pas sujettes aux explosions de grisou.

Ces chiffres sont supérieurs à ceux qui concernent la France. En effet, dans la même période décennale, nous n'avons compté, pour l'ensemble des ouvriers de nos houillères, que 1,93 tués, et

pour le personnel des autres mines de toute sorte, que 1,57 tués, sur 1.000 travailleurs.

Toutefois, comme le nombre de tonnes de charbon extraites par ouvrier est plus fort en Angleterre que chez nous (318 tonnes contre 189, pour les ouvriers du fond et du jour réunis), la conquête de la houille est moins meurtrière dans ce pays qu'en France.

Notre production de combustible minéral s'est, en effet, élevée à 134.000 tonnes en 1882, et à 124.000 seulement en 1883, par ouvrier tué. En Angleterre, les chiffres analogues ont été de 138.988 tonnes en 1882 et de 155.349 tonnes en 1883, non compris les substances diverses extraites en même temps que le charbon.

I. Personnel ouvrier des mines de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, en 1883.

			MINES de charbon(*).	MINES métallifères.	ENSEMBLE des mines.
Personnel masculin employé souterrainement.		De 10 à 12 ans	340	»	340
		De 12 à 13 ans	3.427	6	3.433
		De 13 à 16 ans	37.353	932	38.285
		Au-dessus de 16 ans	375.576	29.554	405.130
		Totaux	416.696	30.492	447.188
Personnel employé à la surface.	Masculin.	De 10 à 13 ans	410	138	548
		De 13 à 16 ans	8.484	»	8.484
		De 13 à 18 ans	»	3.835	3.835
		Au-dessus de 16 ans.	84.864	»	84.864
		Au-dessus de 18 ans	»	13.800	13.800
	Féminin.	De 10 à 13 ans	1	17	18
		De 13 à 16 ans	288	»	288
		De 13 à 18 ans	»	628	628
		Au-dessus de 16 ans.	4.190	»	4.190
		Au-dessus de 18 ans.	»	1,325	1.325
		Totaux	98.237	19.743	117.980
Totaux généraux			514.933	50.235	565.168

(*) Mines régies par le *Coal Mines Act*, lesquelles comprennent l'exploitation du charbon et des substances associées (argile, fer, schistes bitumineux).

II. Nombre des ouvriers tués dans les mines de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, en 1883.

DÉSIGNATION DES ACCIDENTS.		MINES de charbon.		MINES métallifères.		ENSEMBLE des mines.
Accidents souterrains.		Morts.		Morts.		Morts.
Explosions de grisou			134		»	134
Eboulements	des parois	105	469		31	500
	du toit	364				
Accidents de puits.	Déroulement de câble en excès	5	97	»	27	124
	Rupture de câble	7		14		
	Par les engins mécaniques pendant la descente ou la remonte	34		1		
	Chutes d'ouvriers depuis la surface	7		2		
	Chutes d'ouvriers d'un étage	24		7		
	Chutes d'objets depuis la surface	5		1		
	Chutes d'objets d'un étage	4		2		
	Divers	11		»		
Accidents divers.	Coups de mine	34	246	8	21	267
	Asphyxie	7		»		
	Inondation	»		2		
	Chute dans l'eau	»		»		
	Sur les plans inclinés	61		»		
	Par les wagonnets	102		1		
	Par les machines	5		»		
	Autres	37		10		
Totaux			946		79	1.025
Accidents à la surface.						
Par les machines			13		4	17
Explosions d'appareils à vapeur			3		»	3
Divers			92		3	95
Totaux			108		7	115
Ensemble des accidents			1.054		86	1.140

III. — Tableau indiquant le nombre des ouvriers employés, ceux des accidents mortels et des morts, dans les mines de la Grande-Bretagne et de l'Irlande, de 1874 à 1883.

ANNÉES.	OUVRIERS EMPLOYÉS à l'intérieur.	OUVRIERS EMPLOYÉS à l'extérieur.	OUVRIERS EMPLOYÉS Total.	ACCIDENTS mortels.	OUVRIERS tués.	OUVRIERS employés par accident mortel.	OUVRIERS employés par ouvrier tué.	PROPORTION des morts par 1.000 ouvriers employés.
1° Mines de charbon.								
1874	428.611	110.218	538.829	895	1.056	602	510	1.959
1875	427.017	108.828	535.845	927	1.244	578	430	2.321
1876	409.229	105.303	514.532	839	933	613	551	1.813
1877	395.025	99.366	494.391	864	1.208	572	409	2.443
1878	382.979	92.350	475.329	811	1.413	586	336	2.972
1879	385.179	91.631	476.810	782	973	610	490	2.040
1880	391.381	93.552	484.933	815	1.318	595	368	2.718
1881	399.387	96.090	495.477	844	954	587	519	1.925
1882	406.192	97.795	503.987	876	1.126	575	447	2.234
1883	416.696	98.237	514.933	921	1.054	559	488	2.046
Moyennes des dix années.	404.169	99.337	503.506	857	1.127	587	446	2.238
2° Mines métallifères.								
1874	34.036	22.325	56.361	94	103	599	547	1.827
1875	34.905	23.168	58.073	110	119	528	488	2.049
1876	34.109	23.388	57.497	66	70	871	821	1.217
1877	34.095	23.300	57.395	87	97	659	591	1.690
1878	30.624	20.834	51.458	74	77	695	668	1.496
1879	28.265	18.795	47.060	61	64	771	735	1.360
1880	32.045	20.863	52.908	82	84	645	630	1.589
1881	33.291	21.651	54.942	85	99	646	555	1.802
1882	33.814	21.692	55.506	83	92	668	603	1.657
1883	30.492	19.743	50.235	68	86	738	584	1.712
Moyennes des dix années.	32.567	21.575	54.143	81	89	668	607	1.615
Pour l'ensemble des mines.	436.736	120.912	557.649	938	1.216	594	458	2.182

LOI NORVÉGIENNE DU 14 JUIN 1884

apportant des modifications et des additions aux lois sur l'assistance publique en ce qui concerne les mines, fabriques ou usines.

La commission des *Annales des mines* a reçu de M. le consul de France à Christiania, par l'intermédiaire de M. le Ministre des affaires étrangères, la traduction d'une loi norvégienne du 14 juin 1884 modifiant les prescriptions législatives antérieures relatives à l'assistance des ouvriers et autres personnes dépendant des mines, fabriques ou usines.

Pour permettre de saisir la nature et la portée de cette loi, dont le texte est reproduit ci-dessous, il a paru utile de donner quelques renseignements sur l'organisation générale de l'assistance publique en Norvège, renseignements qui ont été empruntés à l'ouvrage *Le Royaume de Norvège et le peuple norvégien*, que M. le Dr O.-J. Broch a fait paraître à l'occasion de l'Exposition universelle de 1878, à Paris, où il était commissaire général de son pays.

L'assistance publique, qui constitue en Norvège un droit pour les pauvres et une charge obligatoire pour les communes, est organisée par deux lois de 1863, l'une pour les villes ou communes urbaines et l'autre pour les communes rurales.

L'assistance publique doit se charger des aliénés et des orphelins au-dessous de quinze ans qui ne possèdent aucune ressource pour assurer leur subsistance, ainsi que des vieillards, des estropiés et des malades nécessiteux, lorsque pour ces derniers l'assistance est jugée nécessaire. La caisse des pauvres ne doit pas, en principe, fournir de secours aux gens bien portants capables de travailler. Toutefois les commissions des pauvres ont la faculté de secourir également ces derniers si elles jugent que, par ce moyen, on peut prévenir leur dénûment absolu. Mais l'assistance publique ne doit jamais venir au secours de personnes dont le mari, les parents ou les enfants légitimes ont les moyens de les entretenir.

L'enfant naturel est tenu, au même titre que l'enfant légitime, à l'entretien de sa mère. Du reste, la recherche de la paternité est non seulement permise aux enfants naturels, elle est ordonnée; la mère d'un enfant illégitime est obligée d'en indi-

quer le père, et elle est passible de peines en cas de fausse déposition. La mère a le droit de réclamer du père une allocation pour l'entretien de son enfant jusqu'à la quinzième année; à défaut de paiement volontaire par le père, la mère peut exiger une somme annuelle fixée par le préfet. Cette somme est perçue, en cas de besoin, par l'intermédiaire de l'autorité publique; si le père ne peut pas payer, le préfet peut le faire placer, à la demande de la mère, dans une maison de travail jusqu'à ce qu'il ait gagné l'allocation exigible pour l'entretien de l'enfant (*).

Les domestiques doivent être entretenus par leurs maîtres pendant les quatre premières semaines de leur maladie, mais les commissions des pauvres peuvent venir à leur aide, si les circonstances paraissent le motiver.

Chaque commune forme, pour l'assistance publique, un arrondissement ou district qui a la charge permanente des pauvres qui y ont leur domicile légal. Ce domicile du pauvre est dans l'arrondissement où, après la quinzième année révolue, il a eu son séjour fixe pendant deux années consécutives; au cas contraire, dans l'arrondissement où la mère avait son domicile lors de sa naissance. Lorsqu'un district secourt les pauvres dépendant légalement d'un autre district, le premier a le droit de se faire rembourser ses frais par le second. On conçoit sans peine à quelles recherches et à quels procès longs et coûteux peut donner et donne effectivement lieu pareille prescription.

L'assistance publique est administrée par une commission composée du pasteur de la paroisse et d'autres membres en nombre fixé par le conseil municipal, qui les nomme. Dans les villes, cette commission est complétée par le *magistrat* (**) ou par l'un d'eux, lorsqu'il y en a plusieurs.

Le budget de la commission des pauvres est fixé par le conseil municipal au même titre que les autres dépenses communales.

(*) La législation prescrit, en outre, des peines contre l'homme qui a eu des enfants avec trois filles différentes, sans vouloir consentir à épouser une d'entre elles.

Ces rigueurs de la législation ont été nécessitées par le relâchement des mœurs. Il est peu de pays, à l'exception des États voisins de la Suède et du Danemark, où les naissances illégitimes soient aussi considérables. Ainsi, tandis qu'en France le nombre des naissances illégitimes est de 7,56 p. 100, ce nombre s'élève à 8,41 p. 100 en Norvège, à 10,83 p. 100 en Suède et 10,9 p. 100 en Danemark.

(**) Le *magistrat* (*borgamester* et *rådmand)* est un fonctionnaire, nommé par le roi, auquel appartient l'autorité exécutive dans les villes ou communes urbaines.

La commission arrête le mode d'entretien et d'assistance qu'elle juge le plus convenable suivant le besoin et la position du nécessiteux ainsi que d'après les circonstances diverses en face desquelles elle se trouve.

Pour apprécier les résultats de cette organisation, il est intéressant de donner les chiffres de la dernière période quinquennale 1871-1875.

Le nombre des pauvres, chefs de famille, assistés s'est élevé :

Dans les communes rurales, à	47.683	soit 33	par 1.000	habitants
— villes, à	14.986	48	—	—
Ensemble.	62.669	35	—	—

Si l'on ajoute aux chefs de famille assistés leurs femmes et enfants, ces nombres s'élèvent :

Dans les communes rurales, à	107.801	soit 74	par 1.000	habitants
— villes, à	31.644	102	—	—
Ensemble.	139.445	79	—	—

Les recettes de l'assistance publique, qui ont à peu près balancé les dépenses, se sont élevées à une moyenne annuelle de (*) :

	fr.	
Dans les communes rurales, de	4.851.000	Ce qui correspond à 3f,318 par habitant et 102 fr. par personne principale (chef de famille) assistée;
— villes, de	2.558.000	Ce qui correspond à 8f,246 par habitant et 171 fr. par personne principale (chef de famille) assistée.
Ensemble.	7.409.000	Ce qui correspond à 4f,179 par habitant et 118 fr. par personne principale (chef de famille) assistée.

En dehors des districts communaux d'assistance publique,

(*) Pour pouvoir comparer ces chiffres avec ceux d'autres pays, il est utile de rappeler que dans cette même période quinquennale on estimait le salaire quotidien d'un ouvrier ordinaire sans nourriture :

A la campagne,	l'été	2f,96
—	l'hiver	2 ,20
Dans la ville,	l'été.	3 ,47
—	l'hiver	2 ,80

qu'on peut appeler de droit commun, peuvent exister d'autres districts spéciaux, facultatifs ou obligatoires, auxquels incomberont, à la décharge de la commune, des charges identiques pour les pauvres qui en ressortiront. Tel est le cas des mines, fabriques ou usines.

Pour les mines en particulier, le § 3 de la nouvelle loi du 14 juin 1884 érige chaque exploitation minière en un *district des pauvres*, distinct du district communal; et ledit § détermine les pauvres qui ressortissent légalement à ce district.

Le § 2 prévoit la possibilité, dans des cas particuliers, de la réunion de plusieurs mines, fabriques ou usines pour constituer un seul *district de pauvres* ou inversement la disparition et la fusion de ce district spécial dans le district communal de droit commun.

Enfin le § 1 impose aux mines, fabriques ou usines qui constituent un district spécial d'assistance publique une charge particulière, celle de constituer un fonds de garantie qui puisse permettre d'entretenir les pauvres ressortissant audit district spécial pendant les cinq ans qui suivent l'arrêt ou la disparition de l'établissement. Les pauvres retombent à la charge du district communal de droit commun lequel, par contre, bénéficie de toutes les ressources constituées par l'établissement pour l'assistance de ses pauvres.

L. A.

Loi norvégienne du 14 juin 1884.

(Traduction.)

§ 1.

Près de chaque exploitation minière, fabrique ou usine, jouissant d'une assistance publique séparée, et en tant qu'il n'est pas, d'une autre façon approuvée par le roi, fourni de garantie, il devra être formé un fonds servant à assurer l'accomplissement de l'obligation d'entretenir ses pauvres pendant les cinq ans qui suivent la cessation du travail dans ces mines, fabriques ou usines.

Les décisions de détail au sujet de l'importance, de la formation et de l'administration de ce fonds, seront prises par le roi qui prononcera aussi sur l'attribution à faire de ce qui, après ces cinq années, restera du fonds ainsi réuni, mais de façon, toutefois, qu'au moins la moitié de ce fonds revienne à la com-

mune dans laquelle les mines, fabriques ou usines sont situées. Celle-ci entre de plus, sans partage, en possession des ressources qui, en dehors de ce fonds, pourraient appartenir à l'assistance publique séparée de ces mines, fabriques ou usines. (Cp. § 65 de la loi sur l'exploitation des mines, du 14 juillet 1842).

§ 2.

Partout où des abus se sont introduits dans des mines, fabriques ou usines ayant leur assistance publique spéciale, le roi pourra, les intéressés entendus, prendre les décisions qui lui paraîtront convenables pour la circonstance et, spécialement, si plusieurs mines, fabriques ou usines sont dans le voisinage l'une de l'autre, et ont une assistance publique commune en tout ou partie, décider si leur assistance doit être réunie en tout ou en partie, ou si tout ou partie doit être replacé sous l'assistance publique du district dans lequel elles sont situées.

§ 3.

Le paragraphe 30 de la loi sur l'assistance publique en province, du 6 juin 1863, aura désormais la teneur suivante :

Chaque exploitation minière forme un *district des pauvres* séparé, au sujet duquel les prescriptions de la loi sur les exploitations minières, du 14 juillet 1842, resteront en vigueur, en tant qu'elles ne contredisent point la présente loi. Dans un pareil district, le droit de résidence est, de soi-même, conféré à toute personne dont, lors de sa naissance, la mère avait droit de résidence dans ce district. Le droit de résidence dans un district minier est acquis à celui qui, pendant deux années consécutives :

(*a*) A fait partie d'une exploitation comme employé ou comme ouvrier ;

(*b*) En qualité de serviteur du propriétaire de l'exploitation, ou d'employé, ou d'ouvrier, a résidé sur la propriété foncière de l'exploitation, ou sur le terrain dépendant de l'usine, de ses mines ou de ses annexes et occupé par le propriétaire lui-même ou concédé à ses employés ou ouvriers.

De même, le droit de résidence dans un district minier est acquis à celui dont le temps de service ou de travail dans l'exploitation a été interrompu, lorsque le total de ce temps, pendant les trois années précédentes, équivaut au moins à deux années.

Si dans les deux premières années de son service, un des ouvriers de l'exploitation a été, dans l'exécution de son travail à l'exploitation, blessé de façon à devenir impropre au travail, les frais de maladie et son entretien pour l'avenir tombent à la charge de l'exploitation, pendant que l'entretien de sa famille incombe au district des pauvres dans lequel ils ont droit de résidence. Le droit de résidence dans un district minier ne se perd que par l'acquisition du même droit dans un autre district.

TABLE DES MATIÈRES

DU TOME SIXIÈME.

MÉCANIQUE. — EXPLOITATION.

MÉTALLURGIE. — MINÉRALURGIE.

OBJETS DIVERS.

BULLETIN.

ERRATA.

Page 300,	ligne	2,	*au lieu de :*	$0^m,265$,	*lire :*	$0^m,0265$.
Ibid.	—	3,	—	minimum,	—	maximum.
Ibid.	—	12,	—	$5^{m^3},51^c$ *et de* $4^{m^3},96^c$,	—	$5^{cm^3},51$ *et* $4^{cm^3},96$.
Ibid.	—	14,	—	$2^m,65$,	—	$2^{cm},65$.
Ibid.	—	16,	—	$3,33^{cm^3}$,	—	$3^{cm^3},33$.
Page 301,	—	3,	—	$1^{m^3},66^c$,	—	$1^{cm^3},66$.
Ibid.	—	13,	—	1,9, soit $0,95^{cm}$,	—	$1^{cm^3},9$, soit $0^{cm^3},95$.

EXPLICATION DES PLANCHES

DU TOME SIXIÈME.

Pl. I, II et III. — **Modifications introduites dans le mécanisme des machines locomotives.**

Pl. IV et V. — **Essais effectués sur une machine Corliss aux usines du Creusot.**

Pl. VI à XI. — **Percement des Alpes : travaux exécutés au tunnel de l'Arlberg.**

Pl. XII, *fig.* 1 à 6. — **Extraction des matériaux précieux dans le Hartz.**

Pl. XII, *fig.* 7 à 16. — **Traitement des minerais d'or à Zalathna.**

Pl. XIII, XIV et XV. — **Ardoisières du pays de Galles.**

PARIS. — IMP. C. MARPON ET E. FLAMMARION, RUE RACINE, 26.

LISTE DES ÉCHANGES AUTORISÉS

ENTRE LES ANNALES DES MINES ET LES PUBLICATIONS FRANÇAISES ET ÉTRANGÈRES.

Les *Annales des mines* ont été adressées, à titre d'échange, en 1884, aux Sociétés et publications dont les noms suivent :

1. — The Journal of the FRANKLIN INSTITUTE. *Philadelphie.*
2. — The American Journal of science and arts. *New-Haven.*
3. — AMERICAN PHILOSOPHICAL SOCIETY. *Philadelphie.*
4. — Philosophical Transactions of the ROYAL SOCIETY OF LONDON.
5. — The quarterly Journal of the GEOLOGICAL SOCIETY. *Londres.*
6. — Minutes of the Proceedings of the INSTITUTION OF CIVIL ENGINEERS. *Londres.*
7. — ROYAL IRISH ACADEMY. *Dublin.*
8. — Atti della SOCIETA TOSCANA DI SCIENZE NATURALI. *Pise.*
9. — Bibliothèque universelle et Revue suisse; partie scientifique : archives des sciences physiques et naturelles. *Genève.*
10. — Mémoires de la SOCIÉTÉ DE PHYSIQUE ET D'HISTOIRE NATURELLE DE GENÈVE.
11. — SOCIÉTÉ GÉOLOGIQUE DE FRANCE. *Paris.*
12. — Journal de mathématiques pures et appliquées. *Paris.*
13. — Annales de Chimie et de Physique. *Paris.*
14. — SOCIÉTÉ D'ENCOURAGEMENT POUR L'INDUSTRIE NATIONALE *Paris.*
15. — Journal de Pharmacie et de Chimie. *Paris.*
16. — KAISERLICH-KÖNIGLICHE GEOLOGISCHE REICHSANSTALT. *Vienne.*
17. — ROYAL GEOLOGICAL SOCIETY OF CORNWALL. *Penzance.*
18. — GEOLOGICAL SURVEY OF GREAT-BRITAIN. *Londres.*
19. — ROYAL SOCIETY OF EDINBURGH. *Édimbourg.*
20. — SOCIÉTÉ DE L'INDUSTRIE MINÉRALE. *Saint-Étienne.*
21. — SMITHSONIAN INSTITUTION. *Washington.*
22. — Zeitschrift der DEUTSCHEN GEOLOG. GESELLSCHAFT. *Berlin.*
23. — Jahresbericht über die Fortschritte der Chemie. *Giessen.*
24. — Zeitschrift des OESTERREICHISCHEN INGENIEUR-UND ARCHITEKTEN-VEREINS. *Vienne.*
25. — Anales de la SOCIEDAD CIENTIFICA ARGENTINA. *Buenos-Ayres.*
26. — Zeitschrift des ARCHITEKTEN UND INGENIEUR-VEREINS ZU HANNOVER. *Hanovre.*
27. — GEOLOGICAL SURVEY OF INDIA. *Calcutta.*
28. — Berg-und Huttenmännische Zeitung. *Leipzig.*

29. — Bulletin de la Société industrielle de Mulhouse.
30. — Société Chimique de Paris.
31. — Il Politecnico. Giornale dell' Ingegnere, Architetto civile ed industriale. *Milan.*
32. — Zeitschrift des Vereines deutscher Ingenieure. *Berlin.*
33. — Société des Ingénieurs civils. *Paris.*
34. — Observatoire de Paris.
35. — Boston Society of Natural History. *Boston.*
36. — Société linnéenne de Normandie. *Caen.*
37. — Moniteur des intérêts matériels. *Bruxelles.*
38. — Iron. The Journal of science, metals and manufactures. *Londres.*
39. — Königliche Ungarische geologische Anstalt. *Bude-Pesth.*
40. — The Journal of the Iron and Steel Institute. *Londres.*
41. — The Engineering and Mining Journal. *New-York.*
42. — North of England Institute of Mining and Mechanical Engineers. *Newcastle-upon-Tyne.*
43. — Literary and Philosophical Society of Manchester.
44. — Berg-und Hüttenmännisches Jahrbuch der K. K. Bergakademien zu Leoben und Przibram und der Kön. Ungar. Bergakademie zu Schemnitz. *Vienne.*
45. — Oesterreichische Zeitschrift für Berg-und Hüttenwesen. *Vienne.*
46. — Revue universelle des Mines et de la Métallurgie. *Liège.*
47. — Transactions of the American Institute of Mining Engineers. *Easton (Pensylvanie).*
48. — Reale Accademia dei Lincei. *Rome.*
49. — American chemical Society. *New-York.*
50. — Academy of natural Sciences of Philadelphia.
51. — Comision del Mapa geologico de España. *Madrid.*
52. — Mémorial de l'Artillerie de la Marine. *Paris.*
53. — Midland Institute of mining, civil and mechanical Engineers. *Barnsley (Yorkshire).*
54. — L'Électricien, revue générale d'électricité. *Paris.*
55. — Giornale del Genio civile. *Rome.*
56. — Le génie civil. *Paris.*
57. — Revista minera y metalurgica. *Madrid.*
58. — Annales de la Société géologique de Belgique. *Liège.*
59. — United States geological Survey. *Washington.*
60. — Institut royal géologique de Suède. *Stockholm.*
61. — Canadian Institute. *Toronto.*

BIBLIOGRAPHIE.

DEUXIÈME SEMESTRE DE 1884.

OUVRAGES FRANÇAIS.

1° *Mathématiques pures.*

Aoust. — Des asymptotes paraboliques des courbes. In-8°, 8 p. Marseille. (7322)

Bertrand (J.) et H. Garcet. — Traité d'algèbre; par Joseph Bertrand, de l'Institut. Première partie, à l'usage des classes de mathématiques élémentaires. 13ᵉ *édition*, revue et mise en harmonie avec les derniers programmes officiels, par Joseph Bertrand et par Henri Garcet, ancien professeur de mathématiques au lycée Henri IV. In-8°, iv-330 p. 5 fr. (8688)

Briot (C.) et G. Vacquant. — Éléments de géométrie conformes aux programmes de l'enseignement scientifique dans les lycées. Application. 6ᵉ *édition*. In-8°, iv-219 p. avec 140 fig. et 4 pl. 3 fr. 50. (7659)

Cauchy (A.). — Œuvres complètes d'Augustin Cauchy. Publiées sous la direction scientifique de l'Académie des sciences et sous les auspices de M. le ministre de l'instruction publique. 1ʳᵉ série. T. IV. In-4°, 525 p. (9422)

Comberousse (C. de). — Cours de mathématiques à l'usage des candidats à l'École polytechnique, à l'École normale supérieure, à l'École centrale des manufactures. 3ᵉ *édition*, revue et augmentée. T. I. Arithmétique, algèbre élémentaire. In-8°, xxvi-796 p. 10 fr. (8912)

Commines de Marsilly (L.-J.-A. de). — Les Lois de la matière, essais de mécanique moléculaire. In-4°, xvi-122 p. 9 fr. (8913)

CUGNIN (E.). — Instruction pratique sur la règle à calcul Mannheim. In-32, 8 p. (7404)

LALANDE (J. de). — Tables de logarithmes pour les nombres et pour les sinus. Revues par le baron Reynaud. *Édition* stéréotype, augmentée de formules pour la résolution des triangles, par M. Bailleul, typographe, et d'une nouvelle introduction. In-18, XLIV-236 p. 3 fr. 50. (12898)

LAMEY (F.-M.). — Mémoire sur le régime de circulation de la masse fluide du soleil. In-8°, 50 p. et pl. Chambéry. (Extr. des *Mém. de l'Acad. de Savoie.*) (7491)

LAPLACE. — Œuvres complètes de Laplace. Publiées sous les auspices de l'Académie des sciences, par MM. les secrétaires perpétuels. T. VI. In-4°, XII-500 p. 20 fr. (8984)

LONGCHAMPS (G. de). — Cours de mathématiques spéciales. Deuxième partie : Géométrie analytique à deux dimensions. In-8°, VII-640 p. (9258)

MARIE (M.). — Histoire des sciences mathématiques et physiques. T. V : De Huyghens à Newton. In-8° carré, 261 p. 6 fr. (11594)

SALMON (G.). — Traité de géométrie analytique à deux dimensions (sections coniques), contenant un exposé des méthodes les plus importantes de la géométrie et de l'algèbre modernes ; par G. Salmon, professeur à l'université de Dublin. Ouvrage traduit de l'anglais par MM. F. Resal et V. Vaucheret. 2[e] *édition* française, publiée d'après la 6[e] *édition* anglaise par M. V. Vaucheret, lieutenant-colonel d'artillerie, professeur à l'École supérieure de guerre. In-8°, XXIV-699 p. avec fig. 12 fr. (11645)

SALMON (G.) et G. HALPHEN. — Traité de géométrie analytique (courbes planes), destiné à faire suite au Traité des sections coniques; par G. Salmon, professeur à l'université de Dublin. Ouvrage traduit de l'anglais par O. Chemin, ingénieur en chef des ponts et chaussées, et suivi d'une étude sur les points singuliers, par G. Halphen. In-8°, XXIV-667 p. avec fig. 12 fr. (9936)

SONNET (H.). — Premiers éléments du calcul infinitésimal, à l'usage des jeunes gens qui se destinent à la carrière d'ingénieur. 3[e] *édition*. In-8°, VII-355 p. 6 fr. (9594)

STÉPHANOS (C.). — Sur la théorie des formes binaires et sur l'élimination. In-4°, 65 p. (9346)

VACQUANT (C.). — Cours de géométrie élémentaire, à l'usage des élèves de mathématiques élémentaires, avec des compléments destinés aux élèves de mathématiques spéciales. Deuxième partie : Géométrie dans l'espace. In-8°, pages 301 à 677, avec 396 fig. (10520)

VILLAUD (J.). — Démonstration élémentaire et presque matérielle des fractions ordinaires. In-16, 15 p. et tableau. (10211)

—— Numérateur général. In-8°, 1 page et tableaux. (10212)

2° *Physique. — Chimie. — Métallurgie.*

ANASTASI (A.). — Nicolas Leblanc, sa vie, ses travaux et l'histoire de la soude artificielle. In-18 jésus, XIX-231 p. 2 fr. (8674)

ANDRÉ (G.). — Étude chimique et thermique de quelques oxychlorures métalliques. In-4°, 69 p. (8675)

BALLAGUY (A.). — Rapport de M. A. Ballaguy, délégué de l'industrie métallurgique de la ville de Villefranche à l'exposition d'Amsterdam en 1883. In-4°, 55 p. Lyon. (9928)

CADIAT (E.) et L. DUBOST. — Traité pratique d'électricité industrielle. Unités et mesures, piles et machines électriques, éclairage électrique, transmission électrique de la force, galvanoplastie et électro-métallurgie, téléphonie. In-8°, IV-496 p. avec 204 fig. 15 fr. (11734)

CLERMONT (A.). — Recherches sur l'acide trichloracétique et ses dérivés. In-8°, 47 p. (12809)

COMMERSON (E.) et E. LAUGIER. — Guide pour l'analyse des matières sucrées. 3° *édition*, revue et modifiée. In-8°, 248 p. avec figures et tableaux. (11447)

DEBRAY (H.) et A. JOLY. — Cours de chimie. 4° *édition*, revue et augmentée. T. I : Métalloïdes, notes et problèmes. In-8°, 665 p. avec 183 fig. et 3 pl. (11745)

Encyclopédie chimique, publiée sous la direction de M. Frémy, de l'Institut. T. II : Métalloïdes. Appendice, 2° cahier : Météorites; par M. Stanislas Meunier. In-8°, 536 p. avec 130 fig. 25 fr. (8534)

—— T. III : Métaux. 9° cahier: Fer et Chrôme; par MM. Joannis et Moissan. In-8°, 359 p. avec fig. 20 fr. (12288)

FOURNIER (G.). — La Lumière électrique dans les appartements. In-16, 36 p. (13317)

GARNIER (J.). — Note sur un nouveau procédé de traitement des minerais sulfurés de nickel et de cobalt. In-8°, 11 p. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (8549)

GAUTIER (A.). — Charles-Adolphe Würtz, ses travaux, son enseignement, son école, leçon inaugurale du cours de chimie faite à la Faculté de médecine de Paris, le 11 novembre 1884. In-8°, 24 p. (Extr. de la *Revue scientifique.*) (13843)

Guntz (A.). — Recherches thermiques sur les combinaisons du fluor. In-4°, 67 p. (8957)

Isambert. — Cours de chimie. Précédé d'une préface de M. Henri Sainte-Claire Deville. 2ᵉ *édition*, entièrement refondue. In-12, 165 p. avec 60 fig. (8966)

Jagnaux (R.). — Traité pratique d'analyses chimiques et d'essais industriels, méthodes nouvelles pour le dosage des substances minérales, minerais, métaux, alliages et produits d'art, à l'usage des ingénieurs, des chimistes, des métallurgistes, etc. In-18 jésus, XII-503 p. avec fig. 6 fr. (7221)

Jenkin (F.). — Électricité et magnétisme; par Fleming Jenkin, professeur de mécanique à l'université d'Édimbourg. Traduit de l'anglais sur la 7ᵉ *édition*, par M. H. Berger, directeur-ingénieur des lignes télégraphiques, et M. Croullebois, professeur de la Faculté des sciences de Besançon. In-8°, XXIV-639 p. avec 270 fig. 12 fr. (11547)

Laval (E.). — Évaporation des dissolutions et des liquides qui renferment des corps solides en suspension. In-8°, 28 p. avec tableaux. Bordeaux. (Extr. des *Mém. de la Soc. des sciences physiques et naturelles de Bordeaux.*) (11568)

Lecoq de Boisbaudran. — Séparation du Gallium d'avec les autres éléments. In-8°, 100 p. (8994)

Mauroy (de). — Utilité, composition, emploi des engrais chimiques. In-8°, 75 p. Troyes. 1 fr. 50. (10710)

Maxwell (J.-C.). — Traité élémentaire d'électricité; par J.-C. Maxwell. Publié par W. Garnett, M. A., professeur de physique à l'University college de Nottingham; précédé d'une note sur les travaux en électricité du professeur Maxwell, par W. Garnett. Traduit de l'anglais par C. Richard, ingénieur civil des mines. In-8, XLIV-283 p. avec fig. (9280)

—— Traité d'électricité et de magnétisme; par J.-C. Maxwell, professeur de physique expérimentale à l'université de Cambridge. Traduit de l'anglais sur la 2ᵉ *édition*, par G. Seligmann-Lui, ingénieur des télégraphes, avec notes et éclaircissements par MM. Cornu, de l'Institut, Potier et Sarrau, professeurs à l'École polytechnique. T. I. Fascicule 1. In-8°, XX-127 p. (Le t. I en 3 fascicules, 12 fr. 50.) (13138

Moutier (J.). — Cours de physique, comprenant les matières d'enseignement de la classe de mathématiques spéciales. T. I. In-8°, 927 p. avec 624 fig. et planche. (7266)

Reynier (E.). — Piles électriques et accumulateurs; recherches techniques. In-8°, XV-207 p. avec fig. (8407)

Reynier (E.). — Les Accumulateurs électriques étudiés au point de vue industriel. In-8°, 47 p. avec 24 fig. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (11636)

Rivière (C.). — Essai sur le pouvoir refroidissant des gaz. In-4°, 51 p. avec 13 fig. (9331)

Rivière (G.). — Les Engrais chimiques, conférence du 9 février 1884, à La Ferté-Alais. In-12, 14 p. Versailles. (Extr. du *Courrier de Versailles et de Seine-et-Oise.*) (7285)

Roux (L.). — Sur la préparation d'une propyle et d'une amylnaphtaline. In-8°, 4 p. (Extr. du *Bull. de la Soc. chimique de Paris.*) (11036)

Schützenberger (P.). — Traité de chimie générale, comprenant les principales applications de la chimie aux sciences biologiques et aux arts industriels. T. IV. In-8°, 560 p. avec 20 fig. 12 fr. (13461)

Servan. — Extrait des rapports de la commission du ministère de la marine sur l'exposition d'électricité à Vienne (16 août-18 septembre 1883. In-8°, 124 p. (Extr. de la *Revue maritime et coloniale.*) (10497)

Stallo (J.-B.). — La Matière et la Physique moderne. Avec une préface sur la théorie atomique, par C. Friedel, de l'Institut. In-8°, xvi-244 p. 6 fr. (10771)

Ternant (A.-L.). — Les Télégraphes. I. Télégraphie optique, télégraphie acoustique, télégraphie pneumatique, poste aux pigeons. 2ᵉ *édition.* In-18 jésus, viii-291 p. avec 83 fig. et 3 cartes. 2 fr. 25. (13755)

Thomson (W.). — Les Unités électriques de mesure; par sir William Thomson, F. R. S. Traduit par M. G. Richard, ingénieur civil des mines. In-18 jésus, 45 p. (10777)

Tissandier (G.). — Application de l'électricité à la navigation aérienne; l'Aérostat électrique à hélice de MM. Albert et Gaston Tissandier. In-4°, 16 p. avec 5 fig. et pl. (Extr. du *Bulletin de la Soc. d'encouragement.*) (7599)

Tyndall (J.). — Sur la radiation. Ouvrage traduit de l'anglais par M. l'abbé Moigno. *Nouveau tirage.* In-18 jésus, 51 p. 1 fr. 25. (13005)

Violle (J.). — Cours de physique. T. I. Physique moléculaire; deuxième partie. In-8°, viii p. et p. 513 à 1021, avec 309 fig. (9908)

3° *Minéralogie. — Géologie. — Paléontologie.*

ACY (d'). — Le Mammouth dans le Forest Bed de Cromer. In-8°, 12 p. (Extr. des *Bull. de la Soc. d'anthropologie.*) (11932)

ANDRÉ (C.). — Note sur les oscillations barométriques produites par l'éruption du Krakatoa. In-8°, 7 p. et planche. Lyon. (Extr. des *Mém. de l'Acad. des sciences, belles-lettres et arts de Lyon.*) (10809)

BARBOT (C.). — Guide pratique du joaillier, ou Traité complet des pierres précieuses, leur étude chimique et minéralogique. *Nouvelle édition*, revue, corrigée et augmentée par M. Charles Baye. In-18 jésus, 359 pages et 8 planches renfermant 178 figures. 4 fr. (7117)

BORDES (J.-M.). — Les Cités lacustres de la Suisse. In-8°, 31 p. (Extr. du *Correspondant.*) (13797)

CARAPEBUS (J. de). — Notice sur les ressources minérales du Brésil. In-8°, 59 p. et carte. (12508)

CHANTRE (E.). — Étude sur quelques nécropoles hallstattiennes de l'Italie et de l'Autriche. In-8°, 64 p. avec figures. (Extrait de la revue : *Matériaux pour l'histoire primitive de l'homme.*) (8709)

CHOUQUET (E.). — Sur la présence de l'*Elephas primigenius* dans les alluvions de Chelles. In-8°, 23 p. (Extr. des *Bull. de la Soc. d'anthropologie.*) (12807)

CHOYER. — Les Empreintes des cailloux ovoïdes et des blocs erratiques. In-8°, 91 p. avec figures et 4 pl. Angers. (10285)

CORNU. — Note sur certaines apparences que présentent les surfaces artificiellement polies, taillées dans le quartz parallèlement à l'axe. In-8°, 3 p. (10872)

COURTOIS (A.). — Petite géologie de la Manche. In-8°, 107 p. et planches. Caen. (12264)

DAUDIÈS-PAMS (T.). — Contribution à l'hydrologie des Pyrénées-Orientales : Étude géologique et hydrologique du bassin de l'Agly. In-8°, 43 p. avec tableaux et carte coloriée. (7406)

FLICHE. — Description d'un nouveau *Cycadeospermum* du terrain jurassique moyen. In-8°, 4 p. et planche. Nancy. (Extr. du *Bull. de la Soc. des sciences.*) (10042)

FONTANNES (F.). — Note sur quelques gisements nouveaux des terrains miocènes du Portugal, et description d'un portunien du genre *Achelous*. In-8°, 40 p. et 2 pl. (9711)

FONTANNES (F.) et C. DEPÉRET. — Étude sur les alluvions plio-

cènes et quaternaires du plateau de la Bresse dans les environs de Lyon; par F. Fontannes. Suivie d'une note sur quelques mammifères des alluvions préglaciaires de Sathonay, par le docteur Ch. Depéret. In-8°, 37 p. et planche. (13315)

Furiet. — Étude sur les sources thermales, particulièrement celles de Luchon. 2e *édition*. In-8°, 40 p. Toulouse. (9716)

Girod (P.). — L'Homme préhistorique, conférence faite à la faculté des sciences de Clermont-Ferrand, le 29 mars 1884. In-8°, 6 p. Clermont-Ferrand. (10921)

Goret (E.). — Esquisse géologique du département des Basses-Alpes. In-8°, 28 p. Digne. (7750)

Guillabert (P.). — Note sur la grotte-caverne naturelle, sépulcrale, préhistorique de Gonfaron (Var). In-8°, 19 p. Toulon. (Extr. du *Bull. de l'Acad. du Var.*) (8565)

Henriet (J.) — Mémoire sur les tremblements de terre de l'île de Chio. In-8°. 24 p. Marseille. (10073)

Igelström (L.-J.). — Hillangsite, nouveau minéral de la mine de fer de Hillang, paroisse Ludvika, gouvernement de Delarne (Suède). In-8°, 3 p. (10673)

Janet (C.) et J. Bergeron. — Excursions géologiques aux environs de Beauvais. In-8°, 28 pages et planche. Beauvais. (Extr. des *Mém. de la Soc. académique de l'Oise.*) (10378)

Jannetaz (E.). — Les Roches, description et analyse au microscope de leurs éléments minéralogiques et de leur structure, gisements, emplois. 2e *édition*, entièrement refondue. In-18, xii-486 p. avec 215 grav. et 2 cartes géologiques. 7 fr. (12341)

Kerckhoffs (A.). — La Mâchoire de Maestricht et les récentes découvertes. In-8°, 7 p. (Extr. des *Bull. de la Soc. d'anthropologie.*) (8338)

La Chenelière (G. de). — Deuxième inventaire des monuments mégalithiques compris dans le département des Côtes-du-Nord. In-8°, 39 p. Saint-Brieuc. (8580)

Lemoine (J.). — Note sur une sépulture de l'âge néolithique découverte à la ville Drun-Plestan (Côtes-du-Nord). In-8°, 7 p. (Extr. de la revue : *Matériaux pour l'histoire primitive et naturelle de l'homme.*) (9245)

Limur (de). — Catalogue raisonné des minéraux du Morbihan, pour faire suite aux catalogues des mollusques et des oiseaux, etc. In-8°, iv-115 p. Vannes. 2 fr. (10407)

Longuy (H. de) et C. Sauvageot. — Notice sur Santenay (Côte-d'Or), étude géologique, paléontologique et archéologique, analyses des eaux. In-4°, 86 p. et 29 planches. Autun. (10125)

MONCHOT. — Les gisements aurifères du district d'Ouro-Preto, province de Minas-Geraes (Brésil). In-8°, 26 p. et carte. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (7260)

RAMES (J.-B.). — Géologie du Puy-Courny; Éclats de silex tortoniens du bassin d'Aurillac (Cantal). In-8°, 22 p. avec figures. (Extr. de la revue : *Matériaux pour l'histoire primitive de l'homme.*) (10176)

RAULIN (V.). — Note sur la carte géologique provisoire de l'Algérie, de MM. Pomel et Pouyanne (Oran et Alger), et Tissot (Constantine). In-8°, 31 pages. Bordeaux (Extr. du *Bull. de la Soc. de géographie commerciale de Bordeaux.*) (8835)

RISLER (E.). — Géologie agricole. Première partie du cours d'agriculture comparée fait à l'Institut national agronomique. T. I. In-8°, VIII-394 pages. (8409)

ROUX (G.). — Coup d'œil géologique sur le canton d'Ardes-sur-Couze (Puy-de-Dôme). In-8°, 16 p. Lyon. (9862)

Tableau synoptique des couches minérales du globe, groupées par formations, dont chacune comprend trois termes. Petit tableau in-plano. Tours. (10506)

VÉLAIN (C.). — Les Volcans, ce qu'ils sont et ce qu'ils nous apprennent. In-8°, 128 pages avec 43 fig. et gravure. (10783)

—— Cours élémentaire de géologie stratigraphique. A l'usage de la classe de quatrième (conforme aux programmes officiels), 2e *édition*, très augmentée, avec 373 fig. et une carte géologique de la France imprimée en couleur. In-18 jésus, 412 p. 4 fr. (12171)

4° Mécanique. — Exploitation des mines. — Droit des mines.

ARSÈNE-OLIVIER. — Note sur un projet d'aérostat dirigeable par l'application de deux principes : « le plus léger que l'air », « le plus lourd que l'air ». In-4°, 24 p. (7627)

BRESSE. — Cours de mécanique et machines professé à l'École polytechnique. T. I. Cinématique, dynamique du point matériel, statique. In-8°, XXII-539 p. avec fig. 12 fr. (12782)

CLEBSCH. — Théorie de l'élasticité des corps solides. Traduit par MM. Barré de Saint-Venant, de l'Institut, et Flamant, ingénieur en chef des ponts et chaussées, avec des notes étendues de M. de Saint-Venant. Suivi de : Détermination et représentation graphiques des lois du choc longitudinal d'une tige ou barre élastique prismatique; par MM. de Saint-Venant et Flamant. In-8°, XXII-932 p. (9434)

Comberousse (C. de). — Le transport de l'énergie. In-8°, 34 p. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences*. Congrès de Rouen 1883.) (9131)

Cuvelier (E.). — Fermeture de sûreté pour lampes de mineurs. In-8°, 8 p. avec 4 fig. (Extr. du journal *le Génie civil*.) (10000)

Dejonc (E.). — La mécanique pratique à la portée de l'ouvrier mécanicien, traitant de l'ajustage, de l'alésage, de la cémentation, du filetage, etc. 2° *édition*, complètement refondue, corrigée et augmentée. In-16, viii-448 p. avec figures et planches. 5 fr. (13281)

Delaunay (C.). — Cours élémentaire de mécanique théorique et appliquée. 10° *édit*. In-18 jésus, 720 p. avec 551 fig. 8 fr. (12268)

Despeyrous. — Cours de mécanique. Avec des notes par M. G. Darboux, de l'Institut. T. I. In-8°, xi-457 p. (10629)

Fonvielle (W. de). — L'Aérostat dirigeable de Meudon. In-8°, 52 pages. (13621)

Ford Smith (W.). — De quelques systèmes modernes de travail des métaux, extrait des Mémoires lus devant l' « Institution of mechanical engineers » (conférences de Birmingham du 13 novembre 1866, et de Londres du 11 avril 1883). In-8°, 31 p. et 4 pl. 2 fr. (9469)

Garcenot (A.). — Les Bassins houillers du nord-ouest de l'Europe. Les Mines d'Anzin, étude historique et technique. In-8°, iv-104 p. et 2 cartes. (7439)

Grilleau (B. de). — Les Aérostats dirigeables, leur passé, leur présent, leur avenir; le Ballon de Meudon et les Progrès les plus récents de l'aéronautique. In-18 jésus, 211 p. avec grav. et 3 planches. 3 fr. (11525)

Hillairet (A.). — Transmission électrique du travail mécanique, détermination des éléments de transmission. In-8°, 79 pages avec 18 fig. (13341)

Keller (O.). — L'Industrie minérale en France et à l'étranger, conférence faite à la Sorbonne, le 13 février 1884, par M. O. Keller, ingénieur en chef des mines. In-8°, 17 p. avec dessins. (Extr. du *Journal de la Soc. de statistique de Paris*.) (13351)

La Combe (E.). — Théorie mécanique des soleils (calcul des valeurs métriques des ondes lumineuses pour déterminer les masses des étoiles et les éléments de leurs systèmes planétaires). In-4°, xii-90 pages. Brest. (8071)

Morey. — La Vapeur d'eau utilisée comme force motrice en Lorraine dans le cours du xviii° siècle. In-8°, 17 p. Nancy. (Extr. des *Mém. de l'Académie de Stanislas*). (11005)

Paguelle de Follenay (C. J. et J. F.). — Notice sur les premiers essais de navigation à vapeur. *Nouvelle édition.* In-8°, 16 p. Besançon. (11010)
Quéruel (A.). — Paquebot *la Normandie*, analyse du fonctionnement des machines. In-8°, 28 p. et 5 tableaux. (Extr. des *Mém. de la Soc. des ingénieurs civils.*) (8830)
Resal (H.). — Traité élémentaire de mécanique céleste. 2ᵉ *édition.* In-4°, xx-459 p. 25 francs. (9326)
Rouget (C.). — Théorie des trajectoires. In-8°, 28 p. avec fig. (Extr. de la *Revue maritime et coloniale.*) (10192)
Rousse. — Note sur le transport électrique de la force. In-8°, 7 p. St-Étienne. (Extr. des *Annales de la Soc. d'agriculture, industrie, sciences, arts et belles-lettres du dép. de la Loire.*) (11642)
Simonin (L.). — Les Merveilles du monde souterrain. 5ᵉ *édition,* revue et corrigée. In-18 jésus, 284 p. avec 18 vign. et 9 cartes. 2 fr. 25. (7876)
Taurines (A.). — Études sur les machines à vapeur, exposé historique et critique de toutes les expériences dynamométriques faites à bord du *Primauguet* sur le rendement des machines marines par MM. les ingénieurs du port de Brest. In-4°, 48 p. et tableau. 3 fr. (9348)
Theuil (J.). — La clef de l'hélice et la clef de l'hélice dans l'espace. In-8°, 100 p. et 4 pl. Cavaillon. (11663)
Villet (F.). — Traité pratique du lever des plans souterrains. In-8°, 139 p. et 11 pl. Saint-Étienne. (13767)
Vuillemin (E.). — La grève d'Anzin de février-mars-avril 1884. In-8°, 86 p. Lille. (9605)
Witz (A.). — De l'action de paroi dans les moteurs à gaz tonnant. In-8°, 18 p. avec tableaux. Lille. (11674)

5° *Constructions. — Chemins de fer.*

Baudson (E.). — Tracé des chemins de fer, routes, canaux, tramways, etc.; études préliminaires; études définitives; recherche et choix des matériaux de construction et de ballastage. In-8°, III-257 p. avec 95 fig. et 4 planches. (7638)
—— Connaissance, recherche et essais de matériaux de construction et de ballastage. Ouvrage à l'usage des ingénieurs, des constructeurs et de tous les agents des ponts et chaussées et des chemins de fer, etc. In-8°, 200 p. Laon. (11095)
Birot (F.). — Guide pratique du conducteur des ponts et chaus-

sées et de l'agent voyer; Principes de l'art de l'ingénieur. Première partie, routes; deuxième partie, ponts. 4e *édition*, revue et augmentée. 2 vol. In-18 jésus. Première partie, 351 p. avec 99 fig. et 12 planches; deuxième partie, 335 p. avec 44 fig. et 8 planches. 4 fr. le vol. (9401)

Boulé (A.). — Note sur les écluses de Suresnes et de Bougival. In-8°, 23 p. et planche. (12493)

Bureau (G.). — La vapeur, ses principales applications. Voies ferrées, navigation, avec 48 gravures. In-8°, 351 p. (10263)

Busquet (L.). — Le canal de Suez et le chemin de fer à navires. In-8°, 8 p. Bordeaux. (7365)

Endrès (E.). — Manuel du conducteur des ponts et chaussées d'après le dernier programme officiel des examens d'admission. 7e *édition*. 2 vol. In-8°. T. 1, partie théorique, VIII-655 p. avec 407 fig.; t. 2, partie pratique, 469 p. avec 346 fig. 18 fr. (9694)

Guillaume (E.). — Les tramways, législation et jurisprudence les concernant. In-8°, 55 p. (Ext. de la *Revue générale d'administration.*) (7453)

Hermieu (E.). — Le chemin de fer de Toulon à Fréjus par le littoral et le port de Saint-Tropez. In-8°, 8 p. Fréjus. (11793)

Lebon (E.). — Mémoire sur l'épaisseur des berceaux horizontaux. In-8°, 16 pages avec 6 fig. (8988)

Lejeune (E.). — Traité pratique de la coupe des pierres, précédé de toute la partie de la géométrie descriptive qui trouve son application dans la coupe des pierres, à l'usage des architectes, des ingénieurs, des entrepreneurs, etc. 2e *édition*. Texte in-8°, xxv-577 p., et atlas in-4° de 59 planches. (7799)

Noël (O.). — La question des tarifs de chemins de fer. In-8°, 64 p. (8131)

—— Emprunt ou cession du réseau de l'État. In-8°, 39 p. (13701)

Picard (A.). — Les chemins de fer français, étude historique sur la constitution et le régime du réseau, par Alfred Picard, conseiller d'État, ancien directeur des chemins de fer au ministère des travaux publics. (Débats parlementaires, actes législatifs, réglementaires, administratifs, etc.) Publié sous les auspices du ministère des travaux publics. T. 6 : Période du 19 juillet 1879 au 20 novembre 1883. Conventions de 1883 (suite et fin). Documents annexes : lois, règlements, conventions, tableaux statistiques. In-8°, 853 p., 40 fr.; pour les souscripteurs, 30 fr. L'ouvrage complet, 110 fr. (12422)

Polonceau (E.). — Note sur quelques dispositions concernant

la circulation des locomotives sur les chemins secondaires. In-8°, 10 p. avec fig. (Extr. du *Bull. de l'Assoc. amicale des élèves de l'École des mines de Paris.*) (8823)

ROMAIN (A.). — Manuels-Roret. Nouveau manuel complet des ponts et chaussées. Troisième partie : Ponts en bois et en fer, traitant de la résistance des bois et des fers, des divers modèles de ponts, etc. In-8°, XII-312 p. avec figures et 7 planches. 3 fr. 50. (13170)

SARTIAUX (A.). — Les chemins de fer, conférence faite à Lille, le 20 janvier 1884. In-8°, 36 p. Lille. (8646)

TESSIER (G.). — L'air comprimé : application à la fondation d'un pont. Pont avec tablier métallique composé de trois travées indépendantes de 34 mètres d'ouverture chacune; longueur totale 106m,10. Description détaillée des travaux exécutés pour la fondation à l'aide de l'air comprimé des deux piles en rivière du pont de Gilly-sur-Isère. In-8°, 33 p. et planches. Albertville. 5 fr. (10774)

VAUTHELERET (M. de). — Traversée des Alpes par le grand Saint-Bernard (col de Ferret), communication faite à l'assemblée générale de la Société de topographie de France, le 16 avril 1884. In-8°, 16 pages et plan. (10209)

6° *Sujets divers.*

BISSON (E.). — Nouveau compas de mer permettant de déterminer la direction vraie du méridien magnétique sur les navires en fer. In-8°, 16 p. (13794)

CHARLES (A.). — Traité élémentaire de perspective linéaire et de perspective à vue. In-12, 120 p. avec figures. (13810)

COENE (de). — Sur l'organisation du syndicat pour l'amélioration du port du Havre, de la Seine maritime et des ports de la Seine. In-8°, 5 p. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences.* Congrès de Rouen 1883.) (8910)

COENE (de), PARTIOT, MANIER, A. BERT, BOUQUET DE LA GRYE, L. SIMONIN, BELLEVILLE, LAVOINNE, L.-L. VAUTHIER, L.-J. VERNON-HARCOURT, BESSON, VAN DER TOORN. — La Seine comme voie de communication maritime et fluviale, son estuaire, etc., et des moyens d'améliorer ses conditions nautiques, etc. In-8°, 34 p. et carte. (*Assoc. franç. pour l'avancement des sciences.* Congrès de Rouen 1883.) (7964)

Compte rendu de la 12e section de l'Association française pour

l'avancement des sciences, tenue à Rouen en 1883. In-8°, CIV-1206 p. avec fig. (9133)

Description des phares. (*Édition* de 1880.) Supplément général au 1er juillet 1884. (Ce supplément comprend tous les changements et additions survenus depuis le 1er janvier 1881 jusqu'au 1er juillet 1884 et remplace tous les suppléments parus successivement.) In-18 jésus, 79 p. (12271)

Dru (L.). — La Péninsule malaise, projets de percements de l'isthme de Krau. In-8°, 31 p. (Extr. du *Bull. de la Soc. académique indo-chinoise.*) (7417)

Duval (M.). — La théorie transformiste et le fait de la persistance des types inférieurs. In-8°, 16 p. (Extr. du *Journal de micrographie* du docteur Pelletan.) (8736)

Faye (H.). — Sur l'origine du monde, théories cosmogoniques des anciens et des modernes. In-8°, 260 p. avec 24 fig. 5 fr. (12853)

Küntsler (J.). — Les origines de la vie. In-8°, 12 pages. (Extr. du *Journal de micrographie* du docteur Pelletan.) (8769)

Laurant (A.). — Étude sur les différents niveaux du lit de la Loire appréciables depuis le commencement de l'ère chrétienne dans la traversée de la vieille cité de Nantes. In-8°, 23 p. Nantes. (9770)

Lechalas (M.-C.). — Hydraulique fluviale. In-8°, 468 p. avec figures. (10961)

Moyret (M.). — Les eaux des Cévennes à Lyon, études hydrologiques sur les eaux de Lyon. In-8°, 32 p. Lyon. 1 fr. (7530)

Muel (E.). Notions de sylviculture enseignées à l'école normale des Vosges. In-8°, VIII-224 p. avec 67 figures. (10720)

Noël (A.). — Études forestières. Notes sur la statistique des forêts de l'ouest de la France : Calvados, Eure-et-Loir, Manche, Mayenne, Orne, Sarthe. In-8°, 39 p. 1 fr. (Extr. de la *Revue des eaux et forêts.*) (9813)

Notice sur le port de Rouen. (Situation du port; conditions de navigabilité de ses accès; outillages; aménagements; voies de communication avec le continent; usages, frais et formalités; renseignements statistiques; plans et cartes; éléments de fret.) Publié par la Chambre de commerce de Rouen. In-8°, 130 p. avec tableaux et carte. Rouen. (11610)

Nouveau dictionnaire encyclopédique universel illustré. répertoire des connaissances humaines. Ouvrage orné d'environ 3.000 magnifiques gravures et rédigé par une société de littérateurs, de savants et d'hommes spéciaux, sous la direction

de Jules Trousset, d'après les derniers travaux des savants et des écrivains français et étrangers. Parties ou fascicules 1 à 10 (A-Franch). In-4° à 3 col., p. 1 à 800. (7545)

Rayet et Lespiault. — Observations pluviométriques et thermométriques faites dans le département de la Gironde de juin 1883 à mai 1884; note de M. Rayet, vice-président de la commission météorologique départementale de la Gironde. Suivies d'un rapport sur les orages de 1883, par M. Lespiault, secrétaire de la commission météorologique. In-8°, 48 p. avec tableaux et carte. (Extr. des *Mém. de la Soc. des sciences physiques et naturelles de Bordeaux.*) (13783)

Romain (A.). — Manuels-Roret. Nouveau manuel complet du chauffage et de la ventilation, contenant la description des procédés de chauffage des monuments et des édifices par l'air chaud, la vapeur et l'eau chaude, etc., traitant des appareils de ventilation et de leur emploi dans les diverses constructions. In-8°, IV-320 p. avec figures et planches. 3 fr. (12702)

Tarbé de Saint-Hardouin (F.-P.-H.). — Notices biographiques sur les ingénieurs des ponts et chaussées depuis la création du corps, en 1716, jusqu'à nos jours. In-8°, 276 p. (11351)

Tarif (le) des douanes et le fer fondu. In-8°, 8 p. 1 fr. (Extr. du journal *le Génie civil.*) (8208)

Tissandier (G.). — L'eau. 5e *édition*. In-18 jésus, 348 p. avec 86 vign. et 6 cartes. 2 fr. 25. (13758)

OUVRAGES BELGES.

Fraipont. Recherches sur les crinoïdes du famennien (dévonien supérieur). 2 volumes. Liège. In-8°, 68-16 p., av. 7 fig. 6f,25.

Van't Hoff. Études de dynamique chimique. Amsterdam. In-8°, IV-315 p. 6f,90.

OUVRAGES SUISSES.

De Loriol et Schardt. Étude paléontologique et stratigraphique des couches à *Mytilus* des Alpes vaudoises. 2 parties. Genève. In-4°, 110 p., av. 18 pl. 15 fr.

Beust. *Untersuchung...* Étude sur des bois fossiles du Groënland. Bâle. In-4°, 43 p., av. 4 tableaux et 6 pl. 6 fr.

OUVRAGES ANGLAIS.

Brown. *Forestry...* Les forêts des districts miniers de l'Oural dans l'est de la Russie. Edimbourg. In-8°, 188 p. 5 fr.

Rankine. *A manuel...* Manuel de la machine à vapeur et autres moteurs. 11e édition, revue par *J. Millar.* In-8°, 630 p. 15f,65.

Cotterill. *Applied mechanics...* Mécanique appliquée; introduction générale élémentaire à la théorie des constructions et des machines. In-8°, 600 p. 22f,50.

Parliamentary. Mines and Minerals... Mines et exploitations minérales. Sommaires des rapports des inspecteurs et statistique pour 1883. 3f,75.

—— *Mines. Inspector's...* Mines. Rapports des inspecteurs pour 1883. 12f,50.

—— *Railway returns...* Comptes-rendus des chemins de fer pour 1883. 1f,50.

—— —— *Number...* Chemins de fer; nombre de personnes employées. 0f,35.

—— —— *Accidents...* Accidents de chemins de fer. Rapport général pour 1883. 0f,65.

—— —— *Returns...* Chemins de fer. Comptes-rendus jusqu'au 30 juin et rapports des inspecteurs. 1f,15.

—— *Railway accident...* Accident de Downton; rapport. 2f,10.

—— *East India...* Chemins de fer de l'Inde. Rapport du comité, avec dépositions et appendice. 13f,75.

—— *Boiler explosions...* Rapports sur les explosions de chaudières en 1882-83. 25f,95.

—— *Boiler explosions act...* Loi de 1882 sur les explosions de chaudières; rapports au *Board of Trade;* appendices; plans. 30 fr.

Johnson. *An elementary...* Traité élémentaire de calcul intégral. In-8°, 10 fr.

Rice and **Johnson.** *An elementary...* Traité élémentaire de calcul différentiel, fondé sur la méthode des fluxions. 3e édition, revue. In-8°, 10 fr.

Williamson. *An elementary...* Traité élémentaire de calcul différentiel. 5e édition, revue et augmentée. In-8°, 466 p. 13f,15.

Bauerman. *Text-book...* Traité de minéralogie descriptive. In-12, 406 p. 7f,50.

Cory. *How to foretell...* Comment prédire le temps avec le spectroscope de poche. In-8°, 84 p. 1f,90.

Fahie. *On magnets...* Sur les aimants et les machines dynamo-électriques. 2e édition, revue et augmentée. In-8°, 1f,25.

Nicholson. *The work...* L'œuvre et les ouvriers de l'association britannique pour l'avancement de la science. 1831-84. In-12, 64 p. 1f,25.

Billings. *The principles...* Les principes de la ventilation et du chauffage et leur application pratique. In-8°, 22 p. 18f,75.

Catalogue of the publications... Catalogue des publications du *Geological Survey* du Royaume-Uni. In-8°. 1f,25.

—— —— *Ireland...* Irlande. In-8°. 0f,35.

—— —— *Scotland...* Écosse. In-8°. 0f,35.

Memoirs of the Geological Survey. Explanatory Memoir... Mémoire explicatif pour accompagner la feuille 13 de la carte géologique de l'Irlande, par F.-W. Egan. In-8°. 0f,65.

—— *Explanatory memoir...* Mémoire explicatif pour accompagner la feuille 129 de la carte géologique de l'Irlande, par W.-F. Mitchell. In-8°. 0f,95.

Challenger. Report... Rapport sur les résultats scientifiques du voyage du *Challenger* pendant les années 1873-76. Zoologie. Vol. IX. Texte et planches. 78f,75.

Fowler and Lewis. *Law of collieries...* Loi des houillères; manuel de la loi relative aux mineurs et aux mines de houille. 4e édition. In-8°. 9f,40.

Masson. *The atomic theory...* La théorie atomique de Lucrèce comparée avec les doctrines modernes sur les atomes et l'évolution. In-8°, 254 p. 11f,25.

Thompson. *Dynamo-electric...* Machines dynamo-électriques. In-8°, 416 p. 15f,65.

Spice. *A treatise...* Traité de la purification du gaz de houille, et avantage du procédé d'agglomération de la houille de Cooper. In-8°, 78 p. 9f,40.

Duke of Argyll. *The unity...* L'unité de la nature. 2e édition. In-8°, 576 p. 20 fr.

Davis. *A treatise...* Traité des incrustations des chaudières à vapeur et moyen d'empêcher la corrosion et la formation des écailles. In-8°, 154 p. 10f,65.

Routh. *The advanced part...* Partie avancée d'un traité de la dynamique d'un système de corps rigides, formant la partie 2 d'un traité sur l'ensemble du sujet. 4e édition, revue et augmentée. In-8°, 342 p. 17f,50.

Barnes. *Rock history...* Histoire des roches; traité concis de géo-

logie, avec référence spéciale aux formations de l'Angleterre et du pays de Galles. In-8°. 7^{f},50.

R. Owen. *History*... Histoire des reptiles fossiles d'Angleterre 4 volumes. 315 fr.

Phillips. *Manual*... Manuel de géologie théorique et pratique édité par *Rob. Etheridge* et *Harry Gwier Seeley;* en deux parties. Part. I : Géologie, physique et paléontologie, par *G. Seeley*. In-8°, 550 p. 22^{f},50.

J. L. Bell. *Principles*... Principes de la fabrication du fer et de l'acier, avec quelques notes sur les conditions économiques de leur production. In-8°, 578 p. 26^{f},25.

Day. *Exercises*... Exercices sur les mensurations électriques et magnétiques. Nouvelle édition. In-12, 200 p. 4^{f},40.

Frankland and Japp. *Inorganic chemistry*. Chimie inorganique. In-8°, 814 p. 30 fr.

Beyley. *The assay*... Essai et analyse du fer et de l'acier, des minerais de fer et du combustible. In-8°, 80 p., av. 17 fig. 4^{f},40.

Cooke. *The new chemistry*. La nouvelle chimie. 8° édition, refondue et augmentée. In-8°, 420 p. 6^{f},25.

Gow. *A short history*... Histoire abrégée des mathématiques grecques. In-8°, 330 p. 13^{f}.15.

Besant. *A treatise*... Traité de dynamique. In-8°, 320 p. 9^{f},40.

Rankin. *A manual*... Manuel de l'ingénieur civil. 15° édition, revue par *W.-J. Millar*. In-8°, 826 p. 20 fr.

Lyell. *Student's elements*... Éléments de géologie. 4° édition, revue par *P. Martin Duncan*, avec une table des fossiles d'Angleterre et plus de 600 figures. In-8°, 610 p. 11^{f},25.

OUVRAGES AMÉRICAINS.

Prescott. *Bell's electric*... Le téléphone électrique de Bell ; invention, construction, application, modification et histoire. New-York. In-8°, 330 p. 25 fr.

Thurston. *The materials*... Les matériaux de l'ingénieur. 3° et dernière partie. New-York. In-8°, xiv-575 p. 25 fr.

Eissler. *The modern*... Les grands explosifs modernes, nitroglycérine et dynamite ; leur préparation, etc. New-York. In-8°, xi-395 p. 25 fr.

Shaler.. *A firstbook*... Premier livre de géologie à l'usage des commençants. Boston. In-12, xvii-329 p. 7^{f},50.

KUNHARDT. *The practice...* Les procédés de la préparation mécanique des minerais en Europe. New-York. In-12. 12f,50.

LE CONTE. *A compend...* Précis de géologie. New-York. In-12, VI-399 p. 9f,40.

OUVRAGES ALLEMANDS.

E. und ULR. DÜHRING. *Neue Grundmittel...* Nouveaux principes et découvertes en analyse, algèbre, calcul des fonctions et parties connexes de la géométrie; principes d'une réforme mathématique. Leipzig. In-8°, XVI-520 p. 15 fr.

FRANKEN. *Die Koordinaten-Ausgleichung...* La compensation des coordonnées d'après les méthodes d'approximation dans la petite triangulation et la mesure des polygones. Munich. In-8°, VIII-156 p., av. fig. et 1 pl. 4f,50.

V. GÜMBEL. *Geologie...* Géologie de la Bavière. Partie I : Principes de la géologie; 1re livraison. Cassel. In-8°, 208 p., av. fig. 6f,25.

HOPPE. *Geschichte...* Histoire de l'électricité. Leipzig. In-8°, XX-622 p. 16f,90.

LAUBE. *Geologische Excursionen...* Excursions géologiques dans la région thermale du nord-ouest de la Bohême : Teplitz, Carslbad, Eger, Franzensbad, Marienbad. Leipzig. In-8°, XVI-170 p., av. 2 pl. coloriées. 4f,50.

MARTINI und CHEMNITZ. *Systematisches Conchylien-Cabinet...* Collection systématique de coquilles. Publié et complété par *H. C. Küster*, en collaboration avec Philippi, L. Pfeiffer, Dunker, etc.; continué après sa mort par *W. Kobelt* et *H. C. Weinkauff*. Nüremberg. In-4°. Livraisons 327-330; 144 p., 23 pl. color. Chaque livraison 11f,25. — Sections 106 et 107 ; 96 p. et 17 pl. color.; p. 53-124 et 18 pl. 33f,75.

BARDEY. *Zur Formation...* Sur la formation des équations quadratiques. Leipzig. In-8°, VIII-390 p. 9f,50.

CZUBER. *Geometrische Wahrscheinlichkeiten...* Vraisemblances géométriques et valeurs moyennes. Leipzig. In-8°, VII-244 p. 8f,50.

HELLER. *Geschichte...* Histoire de la physique depuis Aristote jusqu'à nos jours. Stuttgart. In-8°. T. II. De Descartes à R. Mayer. XV-753 p. 22f,50.

HUNRATH. *Die Berechnung...* Le calcul des racines carrées irra

tionnelles avant le règne du système décimal. Kiel. In-8°, 56 p. 3 fr.

Niedwiezki. *Ueber die Salzformation...* Sur la formation salifère de Wielickza et Bochnia, et sur les terrains limitrophes. Lemberg. In-8°, IV-131 p., avec 3 pl. 3f,75.

Quenstedt. *Petrefactenkunde...* Paléontologie de l'Allemagne. Leipzig. In-8°, 1re partie, t. VII, fasc. 5. Gastéropodes; p. 593-736, av. 3 pl. 20 fr.; — fasc. 6. Gastéropodes, p. 737-867, av. 2 pl. 16f,25.

Beiträge zur Paläontologie... Contributions à la paléontologie de l'Autriche-Hongrie et de l'Orient. Publié par *E. v. Mojsisovics* et *M. Neumayr*. T. IV, 4 fascicules. Vienne. In-8°, fasc. 1 et 2, avec 14 pl. 50 fr.

Brusina. *Die Fauna...* La faune des couches à Congéries d'Agram, en Croatie. Vienne. In-4°, 61 p., av. 4 pl. 16f,60.

v. Danckelmann. Mémoire sur les observations météorologiques faites à Vivi (Congo inférieur) et sur la climatologie de la côte sud-ouest d'Afrique en général. Berlin. In-4°, VIII-92 p., av. fig. et 1 carte. 3f,15.

v. Ebner. *Die Lösungsflächen...* Les faces de clivages de la calcite et de l'aragonite. I. Faces et fentes de clivage de la calcite. Vienne. In-8°, 91 p. 4 fr.

Gegenbauer. *Zur Theorie...* Sur la théorie des fonctions $C_n^{\nu}(x)$. Vienne. In-4°, 24 p. 1f,75.

Hilber. *Recente und im Löss...* Coquilles terrestres récentes et du lœss de la Chine. II. Bibliographie des coquilles terrestres de la Chine (*suite*). Vienne. In-8°, 44 p., av. 3 pl. 1f,75.

Lommel. *Die Beugungserscheinungen...* Les phénomènes de diffraction produits par une ouverture circulaire et par un petit écran circulaire, étudiés théoriquement et expérimentalement. Munich. In-4°, 65 p., avec 6 pl. 5f,65.

Mann. *Der Atomaufbau...* La construction de l'atome dans les combinaisons chimiques et son influence sur les phénomènes. Berlin. In-8°, VII-90 p., av. 1 pl. 2f,50.

Mildner. *Beitrag...* Contribution à la détermination de la valeur d'intégrales définies. Vienne. In-4°, 18 p. 1f,50.

Oswald. *Lehrbuch...* Traité de chimie générale. T. I. Stœchiométrie. 1re moitié. Leipzig. In-8°, 416 p., avec fig. 25 fr.

Palæontographica. Beiträge... Contributions à l'histoire naturelle des temps primitifs. Publié par *W. Dunker* et *K. A Zittel*. Cassel. In-4°. T. XXXI (3e série, t. VII), livraisons 1 et 2, 162 p., avec 15 pl. 100 fr.

Piltz. *Ueber die Häufigkeit...* Sur la fréquence des nombres premiers dans des progressions arithmétiques et sur des lois connexes. Iéna. In-8°, 48 p. 2f,50.

Pizzighelli. *Die Actinometrie...* L'actinométrie ou la photométrie des rayons chimiques. Vienne. In-8°, 202 p., av. 44 tableaux et 150 fig. 4 fr.

Sersawy. *Die Integration...* L'intégration des équations différentielles partielles; principes d'une méthode générale d'intégration. Vienne. In-4°. 6f,50.

Toula. *Geologische Untersuchungen...* Études géologiques sur la partie occidentale des Balkans et sur les régions limitrophes. X. De Pirot à Sofia. Vienne. In-8°, 68 p., avec 9 pl. 5 fr.

Zittel. *Handbuch...* Manuel de paléontologie. T. I, livraison 7. Münich. In-8°, 2e partie, p. 329-522. 8f,75.

Palæontologische Abhandlungen... Mémoires paléontologiques, publiés par *W. Dames* et *E. Kayser*. T. II, fasc. 2, 38 p. et 3 pl. 6f,25; — fasc. 3, 80 p. et 1 pl. 10 fr.

v. Dellingshausen. *Die Schwere...* La gravité ou l'action de l'énergie potentielle. Stuttgart. In-8°, 76 p. 2 fr.

Felix. *Die Holzopale...* Les opales de bois silicifié de la Hongrie au point de vue paléophytologique. Bude-Pesth. In-8°, 43 p., avec 4 pl. 1f,75.

Holdinghausen. *Die Sonne...* Le soleil et l'électricité cosmique. Hilchenbach. In-8°, vi-164 p., avec 1 pl. 3f,75.

Klein. *Vorlesungen...* Leçons sur l'icosaèdre et la résolution des équations du cinquième degré. Leipzig. In-8°, viii-260 p., avec 1 pl. 10 fr.

Kraft. *Sammlung...* Collections de problèmes de mécanique analytique. Livraisons 1 à 4. Stuttgart. In-4°, T. I, p. 1-480, avec fig. Chaque livraison 2f,50.

Lohberg. *Anwendung...* Application de la théorie de l'induction magnétique de Poisson à des corps en fer animés d'un mouvement de rotation. Schmalkalden. In-8°, 70 p. 5 fr.

Peschka. *Darstellende und projective...* Géométrie descriptive et projective d'après l'état actuel de cette science. T. III. Vienne. In-8°, xiv-792 p., avec un atlas de 42 pl. 30 fr.

Schwering. *Theorie...* Théorie et emploi des coordonnées linéaires dans la géométrie analytique du plan. Leipzig. In-8°, vi-96 p., avec fig. et 2 pl. 3f,50.

Sebelien. *Beiträge...* Contributions à l'histoire des poids atomiques. Brunswick. In-8°, vii-208 p., avec 1 pl. 5f,65.

Beau. *Untersuchungen...* Recherches sur les séries trigonomé-

triques et les intégrales de Fourier. Leipzig. In-8°, 84 p. 2f,50.

Frege. *Die Grundlagen*... Les principes de l'arithmétique. Breslau. In-8°, VII-XI-119 p. 3f,50.

Helmert. *Die mathematischen*... Les théories mathématiques et physiques de la géodésie supérieure. Part. 2 : Les théories physiques. Leipzig. In-8°, XV-610 p., avec fig. et 2 pl. 25 fr.

Kleyer. *Lehrbuch*... Traité des progressions arithmétiques et géométriques des séries composées, harmoniques, etc. Stuttgart. In-8°, IV-205 p. 5 fr.

Reinsch. Micro-palæophytologia formationis carboniferæ. Iconographia et dispositio synoptica plantularum microscopicarum omnium in venis carbonis formationis carboniferæ hucusque cognitarum, eorumque illis proximorum corpusculorum natura vegetabilica non incerta, quæ inveniuntur et in venis carbonis et in stratis formationum infra supraque carboniferam sequentium. 2 volumes. Erlangen. In-4°, VIII-66 p., et IV-55 p., avec 109 pl. 93f,75.

Roth. *Beiträge*... Contributions à la pétrographie des roches plutoniques, fondées sur les analyses publiées de 1879 à 1883. Berlin. In-4°, 54 et 88 p. 9f,40.

Schlosser. *Die Nager*... Les rongeurs du tertiaire d'Europe, avec considérations sur l'organisation et l'histoire du développement des rongeurs en général. Cassel. In-4°, 143 p., avec 10 pl. 75 fr.

Schmidt. *Die Säugethiere*... Les mammifères dans leurs relations avec le monde primitif. Leipzig. In-8°, XII-280 p., avec 51 fig. 6f,25.

Steinhauser. *Die Elemente*... Les éléments du calcul graphique, avec considérations spéciales sur la spirale logarithmique. Vienne. In-8°, VI-130 p. 3f,50.

Bobek. *Einleitung*... Introduction à la théorie des fonctions elliptiques. Leipzig. In-8°, XII-274 p., avec fig. 6 fr.

Handwörterbuch der Mineralogie... Dictionnaire de poche de minéralogie, de géologie et de paléontologie, publié par *A. Kenngott*, avec le concours de v. Lasaulx et F. Rolle. T. I. Breslau. In-8°, VI-551 p., avec fig. et pl. 18f,75.

Kötter. *Beiträge*... Contributions à la théorie des osculations dans les courbes planes du 3e ordre. Berlin. In-8°, 70 p., av. 1 pl. 2f,25.

Krüger. *Die Abhängigkeit*... La dépendance entre le courant produit par une machine à influence de première espèce et l'humidité. Zöttingen. In-8°, 27 p., av. 3 pl. 2f,25.

LANGSDORFF. *Ueber den Zusammenhang...* Sur la liaison des systèmes de filons de Clausthal et de S[t] Andreasberg; av. une carte géologique d'ensemble du Hartz occidental et une carte de détail en couleurs. Clausthal. In-8°, IV-60 p. 5 fr.

REYCHLER. Les dérivés ammoniacaux des sels d'argent. Berlin. In-8°, VII-70 p. 2 fr.

WEISS. *Beiträge...* Contributions à la flore fossile. III. Calamariées houillères; part. II. Berlin. In-8°, VIII-204 p., av. 8 fig. et un atlas de 28 pl.

WIENER. *Lehrbuch...* Traité de géométrie descriptive. T. I. Leipzig. In-8°, XX-477 p. av. fig. 7f,50.

WINKLER. *Lehrbuch...* Traité de l'analyse technique des gaz. Freiberg. In-8°, VI-126 p., av. fig. 7f,50.

DÜRR. *Die Anlage...* Établissement et exploitation des usines à fer. Leipzig. In-4°. Livraison 20. T. II, p. 201-248, av. 3 pl. 7f,50.

HARTMANN. *Theorie...* Théorie des accouplements de locomotives et tenders. Berlin. In-8°, VI-138 p., av. un atlas de 21 pl. 20 fr.

LANGE. *Der Abbau...* L'exploitation des couches de houille. Saarbrück. In-8°, 47 p., av. 16 fig. 3f,75.

MEISSNER. *Die Kraftübertragung...* Le transport de la force à grandes distances, et la construction des machines et régulateurs, pour les constructeurs, les fabricants et les industriels. Livraison 7. Iéna. In-8°. T. I, p. 385-448, av. 6 pl. 3f,75.

BRATHUHN. *Lehrbuch...* Traité du lever pratique des plans de mines. Leipzig. In-8°, VIII-288 p., av. 234 fig. 10 fr.

FLIMMER. *Ueber Dampkesselzerstörungen...* Sur les avaries et accidents de chaudières à vapeur et les moyens de les prévenir. Leipzig. In-8°, IV-148 p., av. 4 pl. 5 fr.

HOLTHOF. *Die technische...* L'utilisation technique de l'électricité. Halle. In-8°, 59 p. 1f,25.

UHLAND. *Handbuch...* Manuel du constructeur de machines. Livraison 38 (vol. supplém., livraison 1). Leipzig. In-4°. 3f,75.

—— *Fortschritte...* Progrès de l'industrie et de la technique. T. II. Iéna. In-8°, VIII-204 p., av. 148 fig. et 21 pl. 11f,25.

WITTMANN. *Statik...* Statique des constructions. 3e partie : Constructions en fer. Münich. In-8°. IV-135 p., av. 142 fig. 6f,25.

BERETTA und DESNOS. *Die neueren...* Les dernières constructions de chaudières à vapeur. Livraison 1. Carlsruhe. In-8°, 16 p., av. 2 pl. color. 2f,50.

DAHL. *Der Handelsverkehr...* Le commerce d'échange de la Suède

avec l'étranger pendant le demi-siècle 1829-1879. Stockholm. In-8°, av. un atlas de 14 pl. 6f,25.

JOHN. *Bergbau...* Exploitation des mines et propriété du sol. Vienne. In-8°, v-75 p. 2f,25.

BACH. *Versuche...* Recherches sur le chargement et la résistance des soupapes. Berlin. In-8°, v-54 p., av. 5 pl. 3f,75.

FORCHHEIMER. *Englische Tunnelbauten...* Les tunnels anglais dans les chemins de fer souterrains, ainsi que sous des cours d'eau et des bras de mer; compte-rendu de voyage. Aix-la-Chapelle. In-8°, VIII-69 p., av. 19 fig. et 14 pl. 8f,50.

GRAF. *Anwendungen...* Applications de la théorie de la résistance des matériaux à la construction des machines. 1re partie. Vienne. In-8°, 240 p., av. 158 fig. 5f,65.

HEINZERLING. *Die Gefahren...* Les dangers et les maladies dans l'industrie chimique et les moyens de les prévenir et d'y remédier. Fasc. 1. Halle. In-8°, 75 p. av. fig. 2f,50.

HAGEN. *Die electrische Beleuchtung...* L'éclairage électrique avec examen spécial des systèmes employés de préférence aux États-Unis pour des installations centrales. Berlin. In-8°, VIII-307 p., av. 93 fig. et 2 pl. 10 fr.

Handbuch der chemischen... Manuel de technologie chimique, composé et publié par *P. Bolley*, en collaboration avec plusieurs savants et techniciens, continué après sa mort par *K. Birnbaum*. Brunswick. T. VI, 1er groupe; 2e partie, livraison 1. In-8°, VI-192 p., av. fig. 8f,25.

KÖHLER. *Wörterbuch...* Dictionnaire des termes techniques employés dans l'exploitation des mines et la préparation mécanique (français-allemand, anglais-allemand et allemand-anglais-français). Clausthal. In-12, VII-107 p. 3f,50.

OUVRAGES ITALIENS.

BONACOSSA. *Relazione...* Rapport sur le voyage pour les exercices pratiques de métallurgie et d'exploitation des mines, fait par les élèves-ingénieurs industriels en juin 1883. Turin. In-8°, 255 p.

BOVIO. *La geologia...* La géologie de l'Italie méridionale et ses rapports avec le caractère des habitants; discours. Naples. In-16, 30 p.

Dal Monte. *Monografia...* Monographie lithologique du Vicentin. Vicence. In-4°, 16 p.

F. Giordano. *Considerazioni...* Considérations topographiques et physiques sur Rome et la Campagne romaine. Rome. In-8°, 96 p.

Milanesi. *Sul telefono...* Sur le téléphone et le microphone; étude. Lucca. In-8°, 68 p. (Extr. des *Atti della R. Accad. Lucchese.*)

Mocenigo. *Le ceneri...* Les cendres des volcans de Java, supposées la cause des lueurs crépusculaires. Vicence. In-8°, 15 p.

Ponzi. *Del bacino...* Du bassin de Rome et de sa nature; pour servir d'explication à la carte géologique de la Campagne romaine. Rome. In-8°, 35 p.

Rebuffo. *Tavole...* Tables des éléments circulaires, la corde étant prise pour unité. Udine. In-8°. 3f,50.

Schneider. *Breve cenno...* Courte note sur la mine de cuivre de Montecatini. Florence. In-8°, 53 p.

Cremona. *Ferrovia...* Chemin de fer sur plans inclinés à traction funiculaire, d'après un nouveau système; rapport au ministre des travaux publics. Salerne. In-8°, 34 p.

Di Stefano. *Sui Brachiopodi...* Sur les Brachiopodes de la zone à *Posidonomya alpina* de Monte Ucina près Galati. Palerme. In-4°, 27 p., av. 2 pl.

Nicolis. *Oligocene...* Oligocène et miocène du système du Monte Baldo. Vérone. In-8°, 48 p., av. 3 pl. 3 fr.

Pagano. *La miniera...* La mine de soufre « *Lucia* » et sa transformation. Palerme. In-4°, 60 p., av. 7 pl.

Serpieri. *Sismologia...* Sismologie; sur le tremblement de terre de l'île d'Ischia du 28 juillet 1883; notes. Milan. In-16, 14 p. (Extr. des *Rendiconti del R. Istit. Lombardo.*)

Levi. *La convenzione...* La convention de Berne. Turin. 1f,60.

Poloni. *Manuale...* Manuel de magnétisme et d'électricité. Milan. In-16, xi-203 p. 2 fr.

Porro. *La fonte...* La source alcaline sulfureuse de Berbenno au Ponte Giuriuo dans le val Imagna, prov. de Bergame; notes, avec appendice géologique descriptif du prof. *A. Stoppani.* Bergame. In-16, 59 p.

Spezia. *I minerali...* Les minéraux à l'Exposition générale italienne de 1884 à Turin; impressions d'un minéralogiste. Turin. In-8°, 23 p.

Esperienze sui freni... Expériences sur les freins automatiques à air comprimé (Berlin 1883); avec appendice. Turin. In-16, 31 p

GABBA. *Trattato...* Traité élémentaire de chimie inorganique et organique. Milan. In-16, xv-534 p. 5 fr.

PITACCO. *Descrizione...* Description des pierres et des marbres naturels qui s'emploient dans les constructions dans la province d'Udine. Udine. In-4°, 51 p. 2f,50.

SAGLIO. *Le convenzioni...* Les conventions des chemins de fer; considérations. Voghera. In-8°, 26 p.

BOMBICCI. *Le cristallisazioni...* Les cristallisations dans le verre et dans l'air; conférence. Venise. In-8°, 19 p. (Extr. de l'*Ateneo Veneto.*)

GENOCCHI. *Calcolo...* Calcul différentiel et principes de calcul intégral; publié avec additions du Dr *Giuseppe Peano*. Turin. In-8°, xxxii-338 p. 10 fr.

RIMBOTTI. *I filoni...* Les filons de stibine à gangue de fluorine et calcite de la mine de San-Martino en Toscane; rapport. Florence. In-16, 12 p., av. carte.

DE STEFANI. *Sopra gli scavi...* Sur les fouilles faites dans la palafitte centrale du golfe de Peschiera et dans celle du Mincio; mémoire. Vérone. In-8°, 40 p., av. 1 pl. (Extr. des *Atti dell' Accad. d'agric., arti e commercio di Verona.*)

—— *Stazioni...* Stations préhistoriques de la Garfagnana dans la province de Massa. Pise. In-8°, 14 p. (Extr. des *Atti della Soc. Toscana di scienze naturali.*)

PESCETTO e MARANTONIO. *I recenti progressi...* Les progrès récents de l'électrotechnique et leurs applications militaires; rapport. Rome. In-8°, 112 p., av. planches. (Extr. de la *Rivista di artiglieria e genio.*)

BELLUCCI. *Materiali...* Matériaux paléo-ethnologiques de la province de l'Ombrie; recherches et études. Pérouse. Livraison 1. In-4°, viii-32 p. 2f,90.

GIAMBASTIANI. *Nuova perforatrice...* Nouvelle perforatrice à rotation avec moteur à air comprimé et avancement à pression hydraulique. Gênes. In-4°, 7 p.

GREMIGNI. *Sul cerchio...* Sur le cercle et sur la circonférence; note de géométrie élémentaire. Salerne. In-8°, 19 p.

CASTRACANE. *Le diatomee...* Les diatomées à l'époque de la houille. Rome. (Extr. du *Bolletino dell' Accad. dei Nuovi Lincei.*)

DEMEDIO. *Il problema...* Le problème des chemins de fer en Italie ou l'organisation de l'exploitation privée; étude critique. Syracuse. In-32, viii-141 p. 2 fr.

STACCHIOTTI. *Azione...* Action modificatrice de l'eau sur la sur-

face de la terre; notes de géographie physique. Camerino. In-8°, 32 p.

TARAMELLI. *Note*... Notes explicatives sur la carte géologique de la province de Bellune relevées pendant les années 1877-1881. Pavie. In-16, 215 p. Av. la carte, 7 fr.

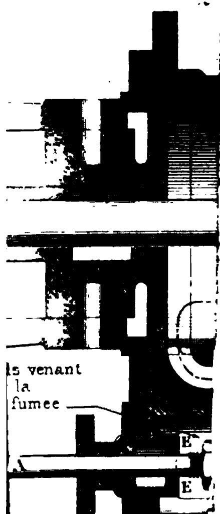
DENZA. *Istruzioni*... Instructions pour les observations météorologiques pour l'altimétrie barométrique. Parties I et II. Turin. In-16. 2 volumes. 6 fr.

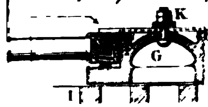
SALEMI PACE. *Sull' equilibrio*... Sur l'équilibre des voûtes symétriques; notes. Palerme. In-8°, 80 p., av. pl.

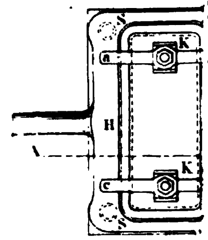
SERPIERI. *Le misure assolute*... Les mesures absolues mécaniques électrostatiques et électromagnétiques, avec applications à divers problèmes; traité élémentaire. Milan. In-8°, x-90 p. 3 fr.

Importanza dell' automaticità... Importance de l'automaticité des freins continus pour chemins de fer confirmée par de récents désastres. Turin. In-16, 20 p.

REGAZZONI. *Paleoetnologia*. Paléo-ethnologie. Milan. In-16, 250 p. 1f,50.


s venant
la
fumee
E
E


K
G


S
K
a
H
K
c
S

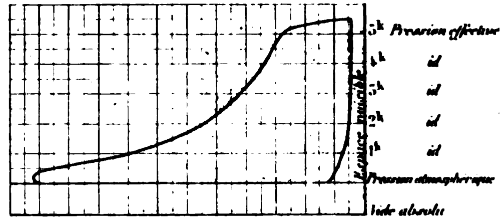
8.

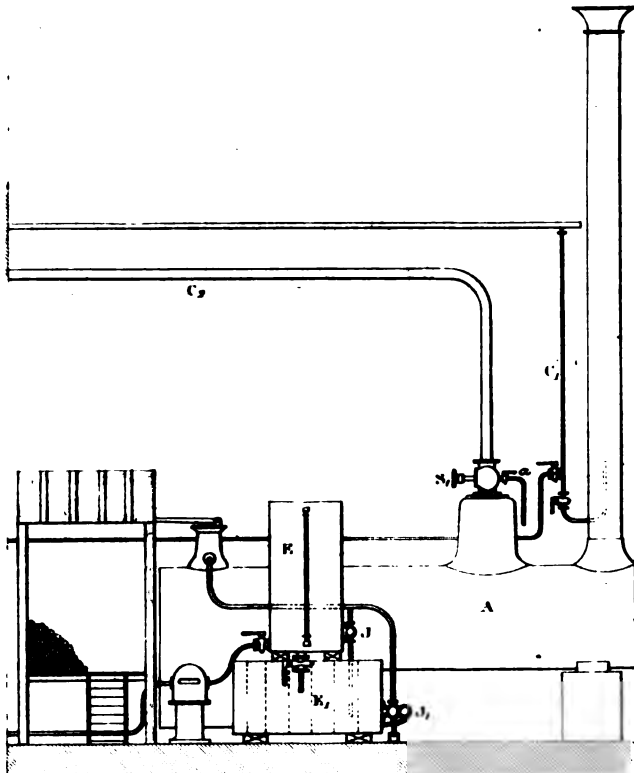
par

25



Fig. 4





Macquet sc.

...mmations par Cheval effectif, ...s, en fonction des Chevaux effectifs.

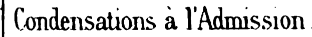
...effectifs.

...peur consommée par Cheval effectif.

Marche avec condensation, sans enveloppe ——
——— id ——— , avec enveloppe ——
Marche sans condensation, sans enveloppe ——
——— id ——— , avec enveloppe ——
avec compression .... { - - - / - - -

3,50 — 7,25 — 3,50 — 5,50 — 7,75 — 6,25 — 5,50 — 5,50 — 6,50 — 6,50 — 6,25 — 7,75

120 130 140 150 160 170 180 190 200 210 215



...ission.

...grammes (Condensations dans l'enveloppe déduites).

Marche avec condensation, sans enveloppe ——
——— id. ——— , avec enveloppe ——
Marche sans condensation, sans enveloppe ——
——— id. ——— , avec enveloppe ——
avec compression .... { - - - / - - -

6,50 — 3,50 — 5,50 — 3,50 — 3,50

24 28 32 36 40 44 48 52 56 60



0

...es, d

R. Hausermann del et sc

Fig. 4

1 *Verucano*
2 *Calcaire de Virgloria*
3 *Marnes de Partnach*
4 *Calcaire de l'Arlberg*
5 *Schistes de Raibl*
6 *Dolomie tabulaire*
7 *Schistes de Kœsn*
8 *Calcaire tabulaire*
9 *Calcaire Compact*
10 *Schistes*

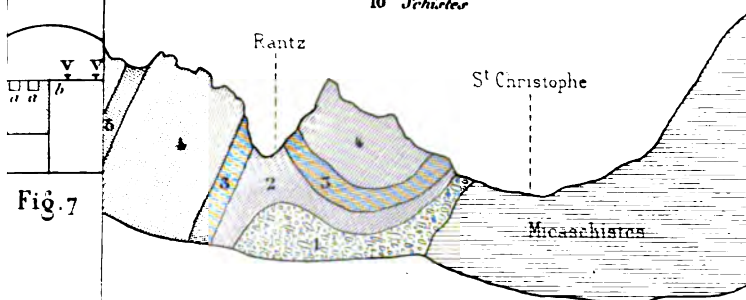


Fig. 7

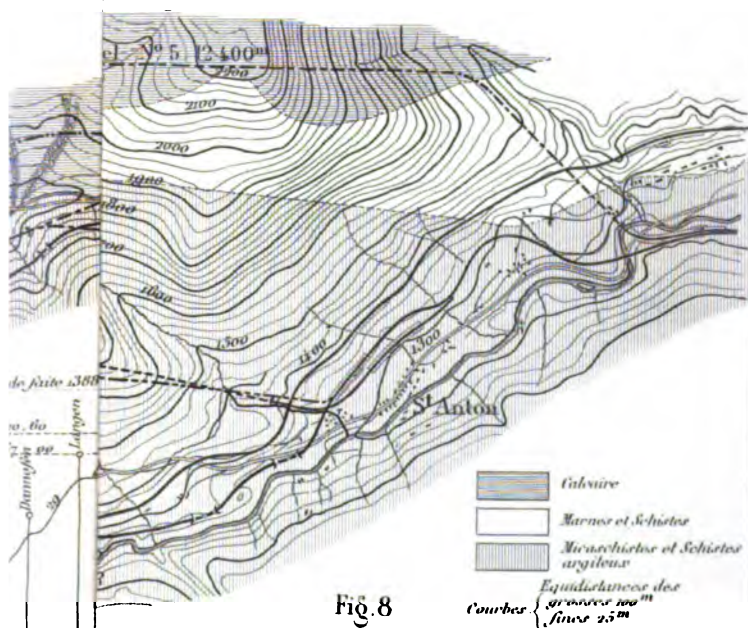
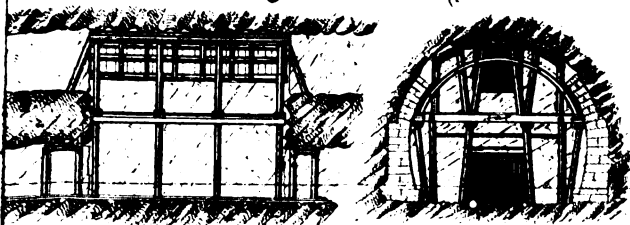
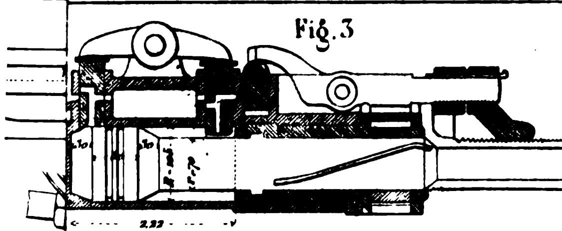


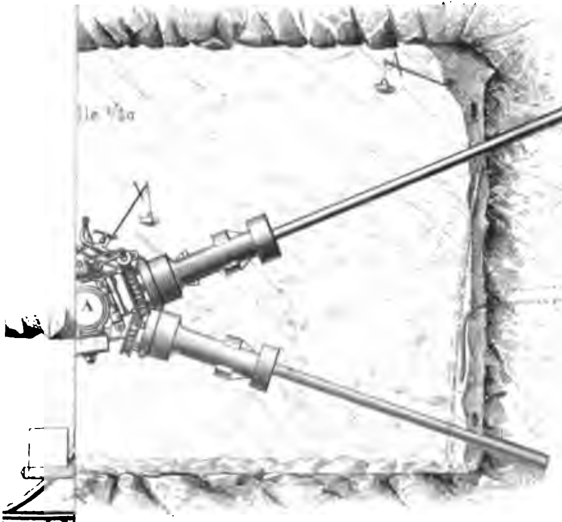
Fig. 8

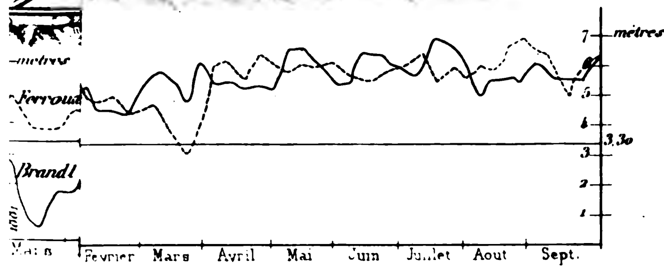
Courbes { *Equidistances des grosses 100m*, *fines 25m* }

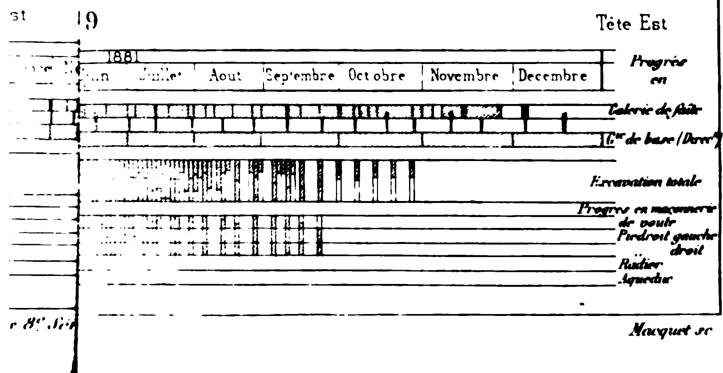


Macquet sc.


Fig. 3
2.22




mètres
7
6
5
4
3
3.30
2
1
Ferroux
Brandt
Février
Mars
Avril
Mai
Juin
Juillet
Aout
Sept.


Tête Est
1881
Juillet
Aout
Septembre
Octobre
Novembre
Decembre
Progrès en
Galerie de faîte
G.ie de base
Excavation totale
Progrès en maçonnerie de voute
Piedroit gauche
droit
Radier
Aqueduc

Mauquet sc

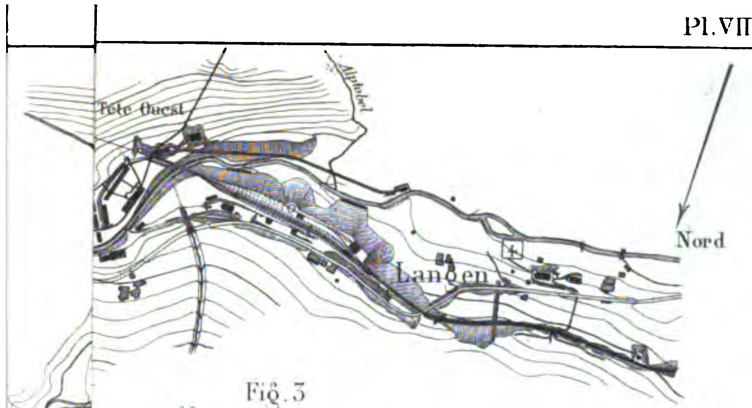
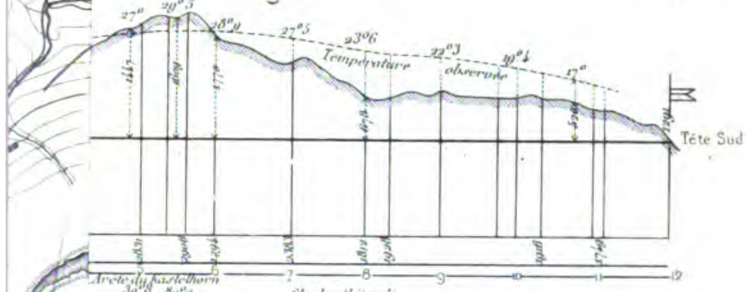


Fig. 3



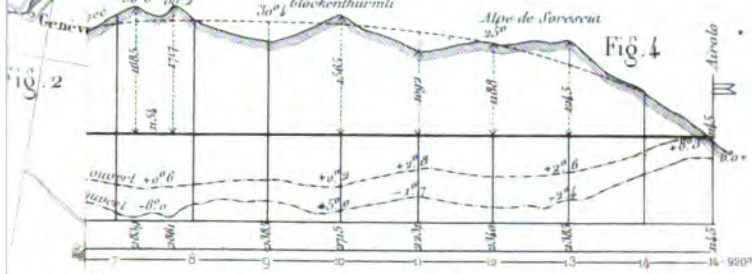


Fig. 2

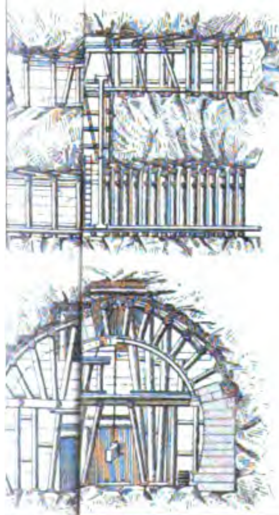
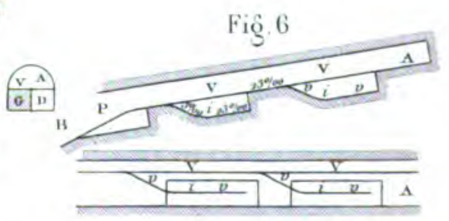


Fig. 6



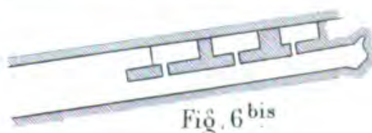
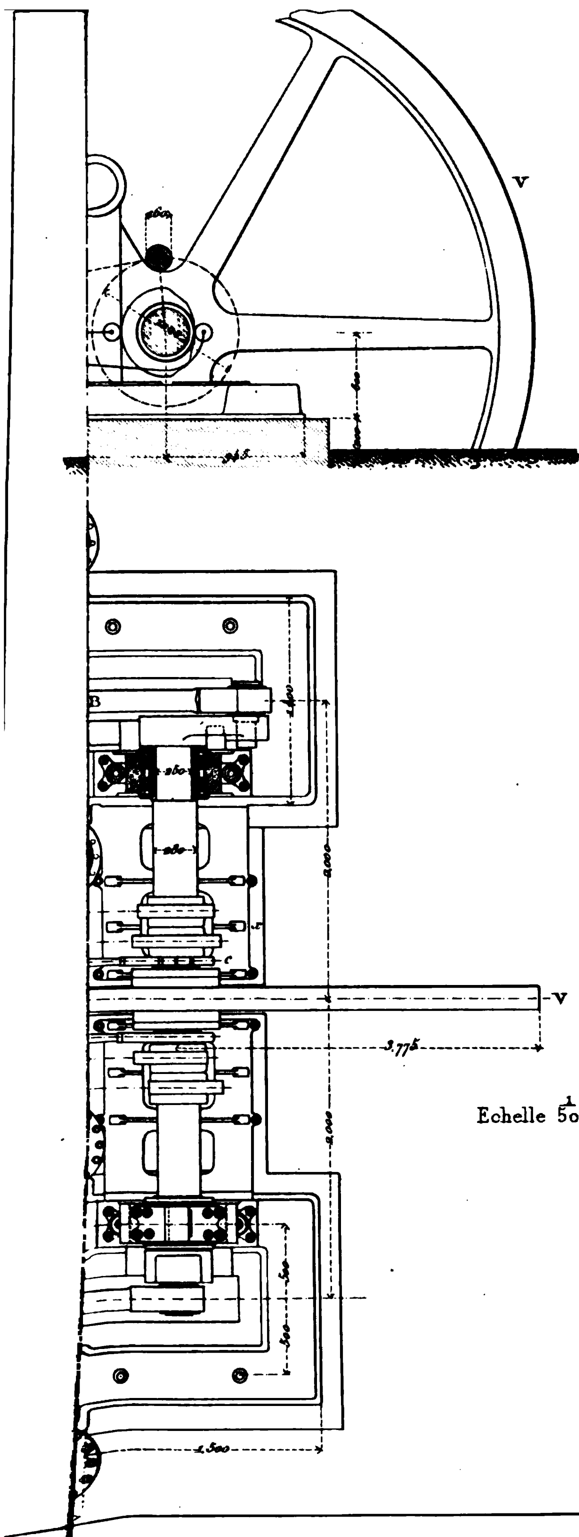


Fig. 6 bis

Macquet sc.



Macquet sc.

Fig. 5 (Voir les coupes AB, CD fig. 3.4. de la Pl. XI).

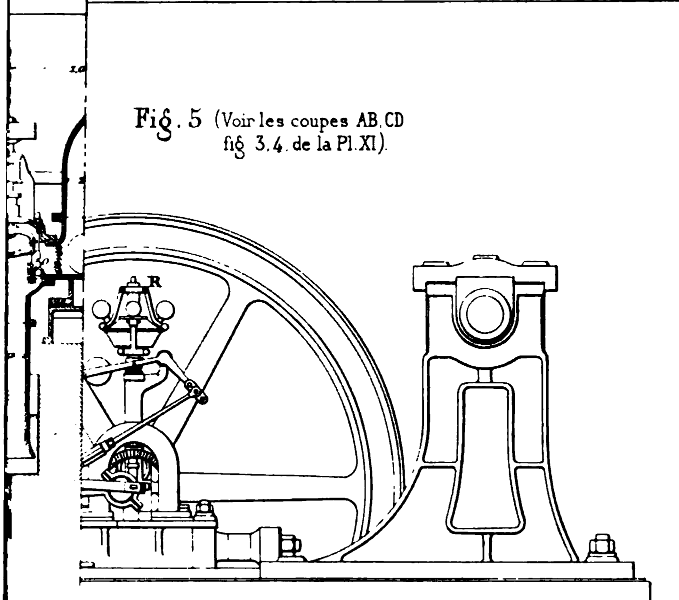
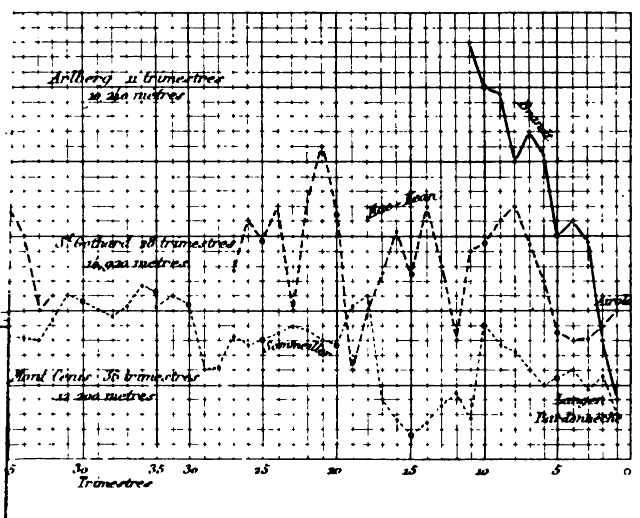


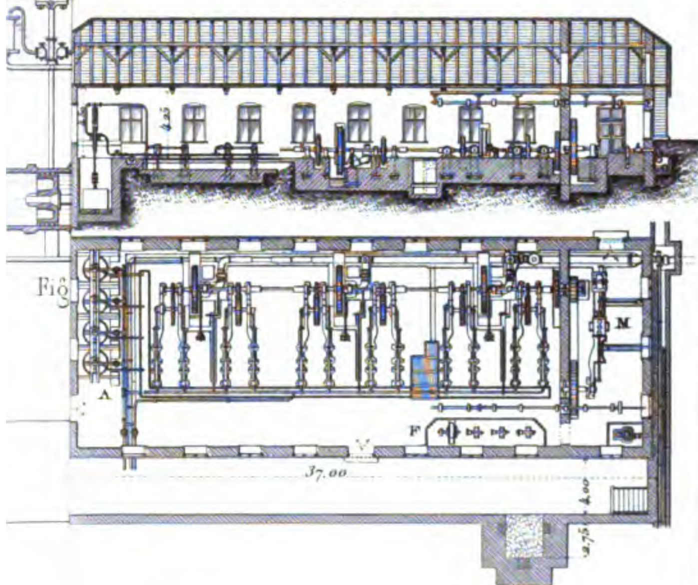
Fig. 4



Macquet sc



Pl. XI



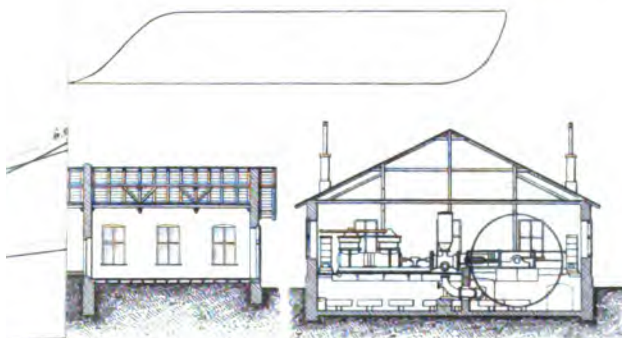
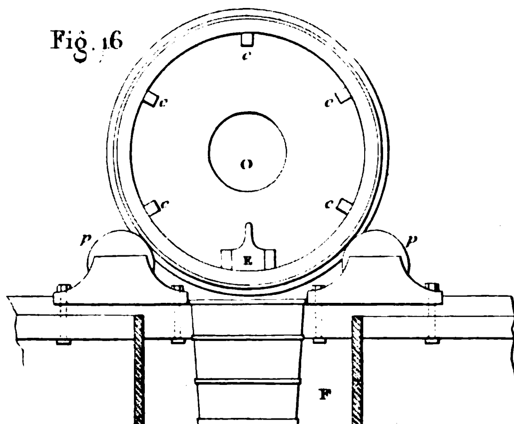
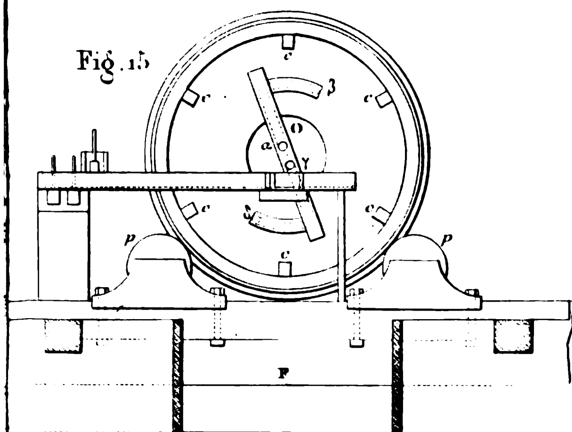


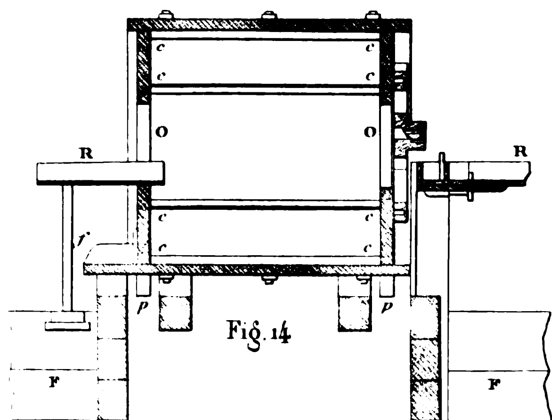


Fig. 8

Macquet sc.


Fig. 16
c
c
c
O
c
c
p
p
E
F


Fig. 15
c
c
c
3
O
a
γ
c
c
c
p
p
F


c
c
c
c
O
O
R
R
f
c
c
c
c
p
p
Fig. 14
F
F

Macquet sc

Montagnes de Berwyn
Couches de Wenlock
Bala
S E
Llangynog
Cambrie
Couches de Llandeilo

Fig. 3
Echelle 1/10.000
Section des couches près de Llanberis
Nord Ouest
Schistes ardoisiers 780 mètres

près Beddgelert
Ech. vertile 1/10.000
Nord Ouest

Section des couches à Corris
Fig. 9
Ech. 1/10.000
Black rock
Broad Slate Bed
Hard rock
Narrow Slate Bed
Hard rock

Section des couches à Llangynog
Fig. 10
Llangynog
Quarries
Craig Rhiwarth

...tion des couches à Rhiwbach Echelle 1/10.000
Roche porphyrique
Sud

Fig. 6 Section des couches à Duffwys
Echelle horizontale 1/4000
Echelle verticale 6000
Sud Est

Fig. 7 Section des couches à Rhiwbryfdir
Echelle 1/10.000
Hard rock
Roche porphyrique
Schiste
Sud
Veines quartzeuses roches éruptives

Fig. 8
Section des couches de Llandeilo à l'argile de Wenlock
Echelle 1/20.000
Tarannon
Couches de Llandovery
Calcaire de Bennant
Argile
Calcaire de Bala
Grès et Argile
Bala Ash
Couches de Bala

Macquet sc.

Fig. 6 Coupe transversale
Echelle 1/4000

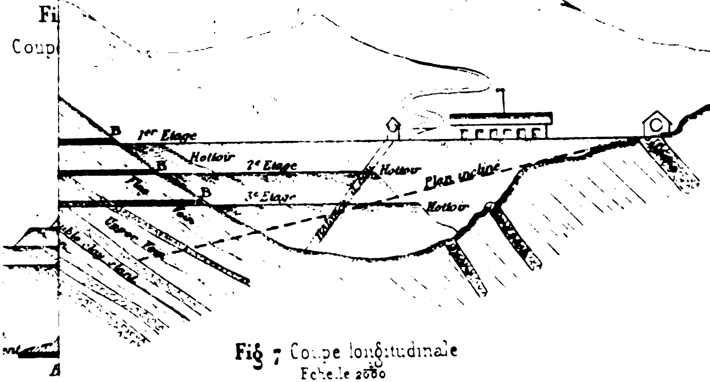


Fig. 7 Coupe longitudinale
Echelle 1/2000

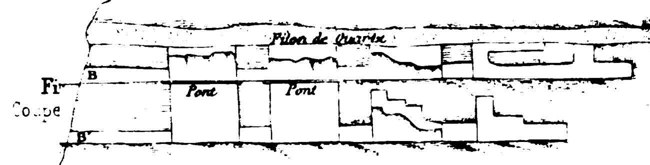
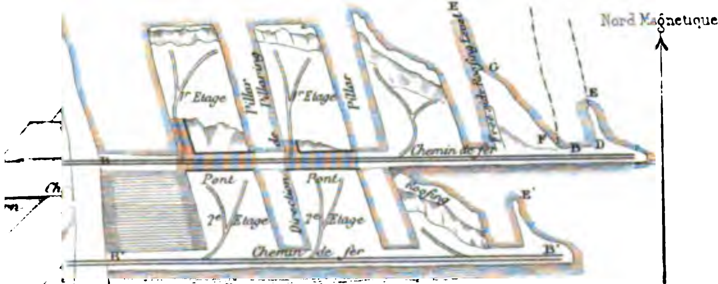


Fig. 8 Plan des travaux. Echelle 1/2000



oupe longitudinale
ères d'Aberllefenny
Echelle 1/2000



e longitudinale
elle 1/200

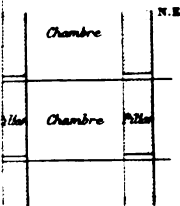
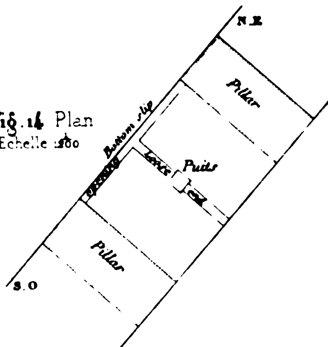


Fig. 14 Plan
Echelle 1/200



Macquet sc.

